

Universidade do Minho
Escola de Arquitectura

Ivo Arlindo Vaz da Silva Barbosa

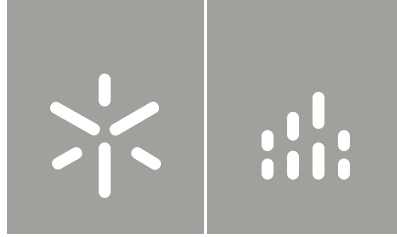
A "pele" em madeira - elemento articulador da pré-fabricação com a especificidade do lugar.

A "pele" em madeira - elemento articulador da pré-fabricação com a especificidade do lugar.

Ivo Arlindo Vaz da Silva Barbosa

Universidade do Minho 2011

Copyright 2011



Universidade do Minho
Escola de Arquitectura

Ivo Arlindo Vaz da Silva Barbosa

**A "pele" em madeira - elemento articulador
da pré-fabricação com a especificidade do
lugar.**

Trabalho de Mestrado

Ciclo de Estudos dos Integrados Condicionantes ao

Trabalho de Mestre em Engenharia de Arquitectura

Trabalho orientado pelo

Professor Doutor Jorge Manuel Gonçalves Branco

Professor Mestre André Moura Leitão Cerejeira Fontes

DECLARAÇÃO

Nome: Ivo Arlindo Vaz da Silva Barbosa

Correio eletrónico: ivovazbarbosa@gmail.com

Tlm.: 936599629

Número do Bilhete de Identidade: 13362560

Título da dissertação: A "pele" em madeira - elemento articulador da pré-fabricação com a especificidade do lugar.

Ano de conclusão: 2013

Orientadores:

Professor Doutor Jorge Manuel Gonçalves Branco

Professor Mestre André Moura Leitão Cerejeira Fontes

Designação do Mestrado:

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Arquitetura

Área de Especialização: Construção e Tecnologia

Escola: Escola de Arquitetura da Universidade do Minho

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, ____/____/____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Um grande agradecimento ao Professor Jorge Branco pelo desafio que me lançou e pela dedicação e persistência que demonstrou ao longo do desenvolvimento do trabalho. Um grande agradecimento ao Professor André Fontes pela dedicação, disponibilidade e pelas sempre inspiradoras ideias que partilhou comigo ao longo do tempo. A ambos o meu especial agradecimento pelos conhecimentos que me transmitiram e que em muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas e professores que direta ou indiretamente contribuíram para o meu desenvolvimento e consequente desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos mais próximos por terem ouvido os meus desabafos e por, muitas vezes por delicadeza, terem concordado comigo.

À Mónica que esteve sempre a meu lado, a segurar a minha mão, e que partilhou comigo ideias e sugestões interessantes que me fizeram evoluir.

Por fim, um grande agradecimento aos meus pais por me terem apoiado ao longo da tese, do curso, da vida, e por me terem ajudado a atravessar todos os desafios que encontrei.

Resumo

O seguinte trabalho visa estudar a versatilidade de diferentes soluções de revestimentos exteriores em madeira. Através da localização de um módulo pré-fabricado em vários locais do mundo procura-se expor a “pele” em madeira a diferentes condicionantes para assim poder estudar diferentes formas de reagir projetualmente.

Utilizando o pretexto de um projeto que se encontra em desenvolvimento na UM ao abrigo do QREN, o WoodenQuark, decidiu-se utilizar esta habitação modular como caso de estudo, e investigar sobre aplicações de revestimento que pudessem articular este elemento pré-fabricado com a envolvente. O objetivo é, assim, o de utilizar a “pele” do edifício como elemento capaz de articular a pré-fabricação com as características intrínsecas de um determinado lugar.

Para tal levou-se a cabo uma investigação e catalogação de vários tipos de revestimento em madeira com o objetivo de produzir documentação que funcionasse como base teórica e de consulta ao longo do processo de projeto.

Para aplicar os conhecimentos desenvolvidos montaram-se problemas concretos, em locais específicos. Para tal foi necessário escolher os locais de implantação de forma consistente e irrefutável e impunha-se que os mesmos variassem em termos de contexto. Assim partiu-se de uma análise climática para decidir quais os locais onde seriam implantados os módulos pré-fabricados. Perante este objetivo decidiu-se usar o sistema de classificação climática mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia: a classificação climática de Köppen-Geiger.

Utilizando os cinco grandes grupos climáticos desta classificação definiu-se, em conjunto com variáveis socioeconómicas, os cinco locais de implantação que servem de início ao projeto. Apresentam-se assim cinco soluções distintas que foram influenciadas pelas técnicas e tradições locais, pelas questões culturais de determinada comunidade e pela exequibilidade que cada projeto tinha no seu contexto.

Concretiza-se assim em cinco locais distintos a utilização da “pele” exterior como mediador da pré-fabricação com as características do lugar.

Abstract

The following work aims to study the versatility of different exterior wood cladding solutions. By locating a pre-fabricated module in several places of the World we seek to expose the wood “skin” to different constraints in order to study different ways of react in the process of project.

Using the pretext of a project that is under development in UM, by a QREN protocol, the WoodenQuark, we decided to use this modular habitation as a study-case, and investigate about cladding applications that could articulate this pre-fabricated element with the surroundings. The goal is to use the skin of the building as an element capable of articulate the pre-fabrication with the characteristics of a given place.

For that we started an investigation and tabulation of several kinds of external wood claddings with the objective of producing documentation that worked as a theoretical basis and consultation document along the project process.

To apply the knowledge developed previously we set up tangible problems in specific locations. For that it was necessary to choose the locations in a consistent and incontestable manner and it was pertinent that these locations varied in terms of context. Therefore we marked as a start-up point a climatic analysis in order to decide which locations we would use to insert the pre-fabricated modules. With this objective we decided to use the climate classification system most widely used in geography, climatology and ecology: the Köppen-Geiger climatic classification.

Using the five big climatic groups of this classification we defined, together with socioeconomic variables, the five locations in which we will put the prefabricated modules. Therefore we present five different solutions that were influenced by local traditions and technics, by cultural issues of a determined community e by the feasibility of each project in is context.

We manage to use, in five different locations, the external skin as a mediator between the prefabrication and the characteristics of a given place.

Índice

Introdução	3
A pele em madeira	5
<i>Facies</i>	5
Porquê madeira?	9
Soluções de fachada em madeira	13
Sistemas de fixação	13
Tipos de fixações	17
Soluções de revestimento	21
Madeira maciça	21
Madeira modificada	37
Derivados da madeira	38
Casos de Estudo	49
WoodenQuark – o caso de estudo	51
Escolha dos locais	53
Projetos	63
A – Rio de Janeiro (Brasil)	65
B – Tete (Moçambique)	85
C – Viana do Castelo (Portugal)	99
D – Nikko National Park (Japão)	115
E – Bergen (Noruega)	129
Conclusão	147
Referências bibliográficas	151
Anexos	155

The fundamental strategy of Critical Regionalism is to mediate the impact of universal civilization with elements derived indirectly from the peculiarities of a particular place. It is clear from the above that Critical Regionalism depends upon maintaining a high level of critical self-consciousness. It may find its governing inspiration in such things as the range and quality of the local light, or in a tectonic derived from a peculiar structural mode, or in the topography of a given site.

KENNETH FRAMPTON, *TOWARDS A CRITICAL REGIONALISM*

Introdução

O seguinte trabalho visa estudar a versatilidade de diferentes soluções de revestimentos exteriores em madeira. Através da localização de um módulo pré-fabricado em vários locais do mundo procura-se expor a “pele” em madeira a diferentes condicionantes para assim poder reagir a estas condicionantes de formas distintas. O que motiva esta abordagem é a constante necessidade de, na arquitetura, mediar o interior e o exterior. Assim, estudando este elemento, a “pele do edifício”, trabalha-se no limbo da questão existindo a possibilidade de explorar várias situações de articulação com o exterior. Pretende-se assim refletir sobre os locais específicos, sobre as suas características e tradições, articulando este conhecimento com uma pesquisa e catalogação de vários tipos de revestimentos exteriores em madeira. O objetivo é, assim, o de utilizar a “pele” do edifício como elemento capaz de articular a pré-fabricação com as características intrínsecas de determinado lugar.

O trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos: *Pele em madeira*, *Soluções de Fachada em Madeira*, *Casos de Estudo*, *Projetos*, *Conclusão*, *Referências Bibliográficas* e *Anexos*.

No capítulo *Pele em Madeira* apresenta-se uma reflexão sobre a importância da fachada nos edifícios, as suas funções, bem como as características específicas que deve deter. Explora-se também a escolha da madeira como material, fundamentando esta escolha e explicando de uma forma breve as suas características.

O segundo capítulo – *Soluções de Fachada em Madeira* – constitui uma base crucial para a restante investigação pois é neste elemento que se realiza um ponto de situação em relação às soluções de fachada que são adotadas na atualidade. Aqui analisam-se sistemas e tipos de fixações e os revestimentos mais utilizados.

No *Casos de Estudo* realiza-se uma análise breve ao módulo pré-fabricado que vai servir de base de estudo, contextualizando a sua escolha, e definir-se-ão os cinco locais de implantação utilizados para o desenvolvimento projetual.

No quarto capítulo – *Projetos* – irão aplicar-se os conhecimentos adquiridos nas análises anteriores em casos concretos, com lugares, comunidades e características biofísicas próprias.

Conclusão é o espaço onde se apresentam as considerações finais mais pertinentes sobre o trabalho desenvolvido.

Nas *Referências Bibliográficas* colocam-se os elementos que serviram de base teórica e de influência prática para o desenvolvimento e concretização deste trabalho.

Por fim, em *Anexos* apresenta-se algum material recolhido do processo de trabalho.

A Pele em Madeira

Facies

Analisando a etimologia da palavra fachada chega-se ao seu significado mais puro, mais ancestral. Advém do italiano facciata¹ que corresponde literalmente à fachada de um edifício. Contudo, indo ainda mais à raiz da palavra, reconhece-se que facciata é uma evolução de faccia², face, que por sua vez advém do latim facies³. Fachada é assim o rosto de um edifício, a sua face, ou, como é denominado neste trabalho, a sua pele. Como face que é, personificando o seu sentido, é aquilo que a partir do exterior identifica uma pessoa, no caso, um edifício. É assim a primeira relação que o exterior estabelece com uma construção, através da sua pele. Da mesma forma a pele do edifício estabelece uma relação com o exterior, com a sua envolvente próxima e com as dinâmicas locais.

A arquitetura contemporânea substitui, como neste trabalho, *“a ideia de fachada pela ideia de pele: uma capa exterior que medeia o edifício com a sua envolvente. Não uma elevação neutra, mas uma membrana ativa, informada. Comunicativa e em comunicação.”*⁴

O revestimento exterior das edificações é assim um sistema complexo que desempenha um papel estratégico na relação destes com a envolvente, na identidade do edifício e qualidade da sua habitabilidade. Sendo esta uma das suas funções primordiais, as fachadas têm então de possuir determinadas faculdades (Figura 1). Têm de deter a capacidade de proteção perante as condições climáticas e os seus agentes, radiação solar, chuva, vento e consequentes relações de frio e calor. Para tal têm de assegurar a estanquidade do edifício, a resistência mecânica necessária do seu sistema de fachada, e ter salvaguardada a rigidez e durabilidade da pele exterior.

¹ Definição retirada de: <http://www.priberam.pt/dlpo/fachada>

² Definição retirada de: <http://origemdapalavra.com.br/palavras/fachada/>

³ Definição retirada de: <http://www.priberam.pt/dlpo/face>

⁴ Manuel Gausa, the metapolis dictionary of advanced architecture.

A pele do edifício detém assim um papel de relevo na qualidade de habitabilidade de um edifício, uma vez que pode adaptar-se à exposição solar, aproveitando-a com zonas de envidraçado, relacionar-se com os ventos dominantes e explorar questões de ventilação natural e, entre outras características, contribuir para a inércia térmica, ganhos térmicos do edifício e proteção contra o ruído.

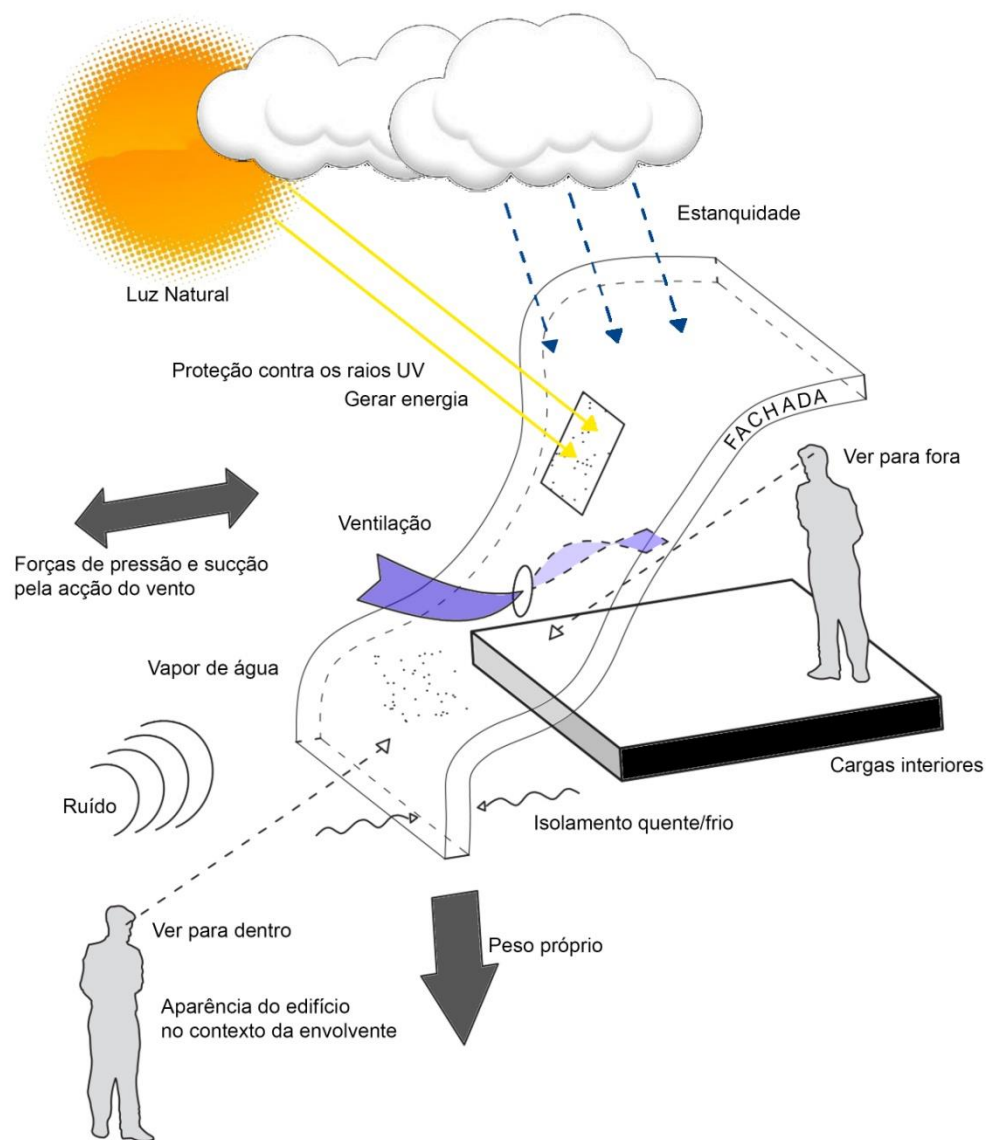


Figura 1 - funções da fachada ⁵

⁵ Knaack, Ulrich, Tillmann Klein, Marcel Bilow, e Thomas Auer. *Façades - Principles of construction*. Bassel: Birkhäuser Verlag AG, 2007. (imagem trabalhada)

Salvaguardando desde logo a questão mais ancestral da pele do edifício, a ideia de abrigo, de proteção, não podemos contudo ignorar outras potencialidades que esta membrana detém. Explorando o conceito de Dana Bixby, a pele de um edifício deve ser encarada como um conector e não como uma representação. Concordo, de facto, com esta premissa pois a face de um edifício tem a habilidade de conectar. De ligar o interior e o exterior, de ligar uma personalidade a uma sociedade e de conectar um espaço a outro. Nesta ideia precisamos de ter presente a noção de que um espaço só existe quando é delimitado e nesse sentido a ideia de invólucro, de pele que protege, delimita uma fronteira, estabelecendo uma conexão entre elementos, articulando-os. “A pele é a fronteira do objeto que separa o objeto do espaço em volta”⁶.

É, portanto, necessário que esta mediação seja cuidada, respeitando relações sociais e histórico-culturais de uma determinada região, bem como as questões climatológicas e os recursos disponíveis. Levanta-se assim a pertinente questão da harmonia com a envolvente e com o contexto onde, na minha humilde opinião, estas devem informar o projeto, não para as mimetizar, mas para as respeitar e utilizar como forças para o projeto.

E são estas premissas que guiam este trabalho e que estão presentes em qualquer ação nele desenvolvido.

⁶ Bixby, Dana. “Building Skin as a Connector - Not a Representation.” *7th International Space Syntax Symposium*. Estocolmo, 2009. 010:1, 010:10.

Porquê madeira?

Motivado pela crença de que a madeira é o material do presente, como o foi num passado não muito distante e como será no futuro, este trabalho desenvolve-se em torno do uso deste material, aplicado a uma habitação modular pré-fabricada. Como Matteo Thun entusiasticamente reclama a “madeira é o material do século XXI e, visto que é o único material renovável na arquitetura e no design, nós dificilmente nos imaginamos sem ele”⁷.

A madeira tem sido usada e adaptada pelo Homem desde a tomada de consciência de que se poderia dar uso aos materiais que estavam à volta. Na elaboração de elementos, a madeira é um dos materiais mais importantes desde o Paleolítico, tanto para a construção de abrigo, como para a manufatura de ferramentas, armas e mobiliário. Com o desenvolvimento das ferramentas de cobre por volta de 5000 a.C., uma nova janela de oportunidade abriu-se para as pessoas que trabalhavam a madeira, com uma evolução tremenda nas peças desenvolvidas⁸.

A madeira tem sido um dos materiais de construção mais versáteis e provavelmente aquele que acompanha a humanidade há mais tempo.

Construir em madeira é, como diz Edith Walter, “aceitar as suas características, as suas fendas, mudanças de cor e a sua deformação”⁹ e provavelmente é nestas extravagâncias do material que reside o seu charme. Alvar Alto definiu arte, incluindo a arte da arquitetura, como o processo contínuo de permitir aos materiais que se expressem¹⁰ e neste sentido a madeira é um material muito interessante pois tem uma expressão muito própria. Tem uma textura, um sentimento ao toque, um cheiro e desenhos próprios da sua formação enquanto estrutura viva. É um produto natural.

Perante as alterações climáticas, um dos assuntos mais preocupantes do século XXI, e mais concretamente o aquecimento global as lógicas de utilização de recursos tem necessariamente de mudar. Sendo a libertação de carbono um dos principais fatores nefastos para o meio ambiente, o uso da madeira e as florestas são uma ajuda crucial no combate ao problema. Uma

⁷ Schittich, Christian. “The high-tech material wood.” *Detail* - 50, 2010: 984-988.

⁸ L, Youngs Robert. *history, nature, and products of wood*. EOLSS, s.d.

⁹ Walter, Edith. “Natural versus synthetic.” *Detail* 46, 2006: 1074-1075.

¹⁰ Schittich, Christian. “discussion.” *Detail* 48, 2008: 1246-1248.

política sensata de extração e reflorestamento pode ser bastante benéfico para a captura de carbono pois existe uma relação captura de carbono/maturidade, sendo que uma árvore captura mais carbono quanto maior é a sua taxa de crescimento¹¹. Considerando que as árvores têm uma taxa de crescimento superior quando são jovens, o abate de árvores maduras para a construção e a plantação de novas árvores em substituição pode ser uma estratégia interessante para combater as grandes porções de carbono na atmosfera. Ao contrário dos restantes materiais disponíveis para a construção a madeira é, portanto, quando utilizada de forma consciente, um material renovável¹², que pode ser reproduzido e que virtualmente não se esgota. Quando utilizamos madeira de origem certificada, da qual temos a certeza que por cada árvore abatida será plantada outra em seu lugar, estamos a trabalhar para a construção de um mundo mais sustentável. A madeira detém também características importantíssimas como o facto de ter um ciclo de vida que praticamente não se esgota¹³. A madeira é produzida, utilizada em obra, cumpre a sua função durante determinado tempo, depois pode ser reaproveitada para outra função ou utilizada para a produção de energia (através da sua combustão). Quando queimada, podemos aproveitar as suas cinzas como fertilizante. Temos assim um ciclo sustentável e ecologicamente benéfico num mundo onde aparentemente tudo que é feito prejudica o meio ambiente. Contudo, a premissa de que a madeira é um material renovável e de ciclo de vida grande só é válida quando existe um uso eficiente e consciente dos recursos. As origens do material devem, por isso, ser incontestáveis, sabendo que, sempre que possível, o uso das madeiras locais é benéfico, quer pelo estímulo económico quer pela diminuição de custos de transporte.

Por todos estes fatores o uso da madeira tem evoluído muito nos últimos anos, com novos produtos e derivados. Passamos de uma metodologia artesanal milenar para soluções complexas e de alta tecnologia¹⁴. Assim, o desenvolvimento de materiais compósitos com base na madeira teve um impacto significativo no uso da madeira e nas novas possibilidades que oferece.

¹¹ Cachim, Paulo Barreto. *Construções em madeira - a madeira como material de construção*. Porto: publindústria, 2007.

¹² Schittich, Christian. "The high-tech material wood." *Detail - 50*, 2010: 984-988.

¹³ Schittich, Christian. "The high-tech material wood." *Detail - 50*, 2010: 984-988.

¹⁴ Schittich, Christian. "The high-tech material wood." *Detail - 50*, 2010: 984-988.

Como características físicas principais a madeira apresenta¹⁵:

- Elevada resistência, sobretudo se analisada em função do seu peso sendo que na razão resistência/peso a madeira é 20% superior à do aço e 5 vezes superior à do betão em compressão;
- Boa durabilidade, quando utilizada de maneira correta, bem arejada e seca, pois a madeira é uma material resistente à água salgada, à oxidação e a outros agentes corrosivos;
- Bom isolante térmico e acústico;
- Facilmente trabalhável;
- Resistência ao fogo considerável pois, ao contrário do que se possa pensar, a taxa de combustão da madeira é relativamente lenta e as propriedades da zona não ardida mantêm-se praticamente inalteradas.

Como remate final, deve-se frisar que como todos os outros materiais a madeira também apresenta desvantagens, contudo, a escolha, como se pode comprovar, não foi feita despropositadamente, e levou em consideração fatores humanos, ecológicos e da própria tradição da construção.

¹⁵ Cachim, Paulo Barreto. *Construções em madeira - a madeira como material de construção*. Porto: publinústria, 2007.

Soluções de Fachada em Madeira

Sistemas de fixação

Hoje estamos munidos de mais soluções de fixação e suporte no que respeita aos revestimentos exteriores de madeira. Detemos soluções cada vez mais complexas, sistemas, compostos por vários elementos e que asseguram hoje a fiabilidade dos revestimentos neste material. Em termos genéricos podemos categorizar diferentes tipos de fixação: fixação através da utilização de montantes de madeira, fixação por perfis metálicos e as soluções mistas com uso de montantes de madeira e perfis metálicos.

Fixação por montantes de madeira

Naquele que é provavelmente o sistema mais recorrente, a fixação dos revestimentos em madeira ao pano de parede é alcançada através de montantes de madeira. Estes podem ser colocados na horizontal, vertical ou com a sobreposição de ambas as posições, consoante o tipo de revestimento, a sua direção predominante (no caso dos ripados) e o efeito final pretendido. Por detrás de qualquer revestimento em madeira deve existir um vazio de pelo menos 19mm sendo que os montantes devem ter pelo menos duas vezes e meia mais espessura que o revestimento a ele fixo. Os montantes não devem ter um espaçamento entre eles superior a 600mm, de maneira a reduzir possíveis empenos do revestimento.

Com este sistema podemos fixar, por exemplo, régua e revestimento em escama, de madeira maciça natural ou termomodificada. Podemos também fixar compósitos madeira-cimento, painéis compactos fenólicos, placas de aglomerado de cortiça expandida e painéis de aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas.

Montantes horizontais

São elementos de madeira colocados na horizontal que se fixam diretamente ao pano de parede e ao qual se fixa o revestimento ou uma subestrutura de madeira. Quando se verifica a primeira situação, montantes fixos sem subestrutura, o espaço entre o revestimento e o pano de parede fica enclausurado pelos montantes e pelos remates da fachada, o que faz com que não exista uma ventilação apropriada. Neste caso temos três soluções: podemos interromper os montantes para que o ar possa circular, utilizar um revestimento que gera espaços vazios (régua de madeira de cantos retos sobrepostos, por exemplo – ver secção dos revestimentos) ou utilizar a referida estrutura auxiliar vertical que vai afastar o revestimento do pano de parede e gerar vazios para a circulação do ar.



Figura 2 - montantes horizontais

Se for necessário colocar isolamento entre a parede e o revestimento, o espaço para ventilação é mais exíguo pelo que devemos ter isso em consideração na escolha do sistema, sendo mais apropriado o sistema de montantes com subestrutura. Neste o espaço sobrance entre revestimento e pano de parede é obviamente maior e não se concretiza neste sistema uma barreira à circulação de ar, muito pelo contrário, propicia-a. Quando o isolamento é pelo interior já podemos utilizar os montantes horizontais interrompidos.

Montantes verticais

São em tudo semelhantes aos montantes horizontais mudando apenas a direção. São também eles fixos diretamente ao pano de parede. Tal como nos horizontais, aos montantes pode-se fixar diretamente o revestimento ou uma subestrutura que neste caso seria horizontal. Quanto a questões de ventilação este comporta-se da mesma maneira que o anterior, variando

consoante a técnica adotada, o tipo de revestimento e a existência ou não de isolamento entre o revestimento e o pano de parede.



Figura 3 - montantes verticais

Fixação por perfis metálicos

A fixação dos revestimentos através de perfis metálicos é essencialmente utilizada quando o revestimento em causa se concretiza na forma de painéis. Contudo com estes sistemas também se conseguem fixar ripas de madeira, precisando para tal de pequenos conectores específicos para a perfilagem da madeira.

É um sistema composto por uma subestrutura vertical, normalmente de perfis “ómega”, “L”, “U” ou “Z”, sob a qual se conectam os perfis metálicos que vão fixar o revestimento. Como os perfis metálicos podem ter várias dimensões de alma este tipo de estrutura de fixação é propícia para controlar a dimensão da caixa-de-ar e consequente ventilação.

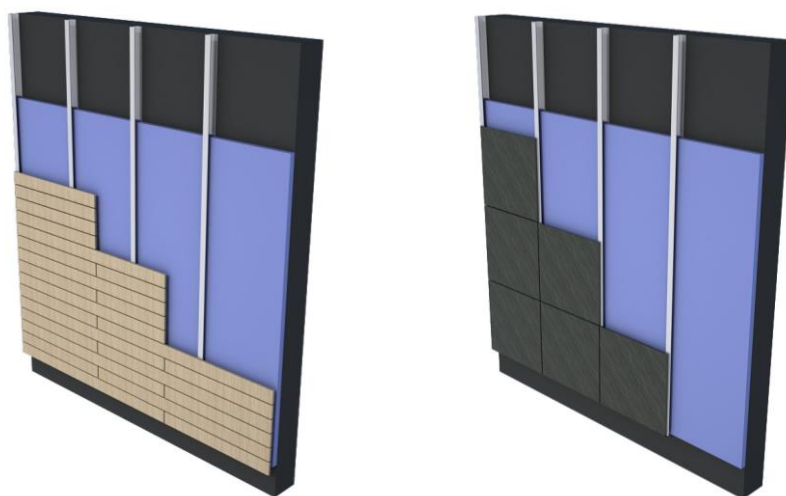


Figura 4 - fixação por perfis metálicos

Com este sistema temos a vantagem de reduzir ao mínimo, quando o isolamento é feito pelo exterior, o número de pontes térmicas que surgem, pelo contrário, com a utilização de montantes de madeira. Podemos fixar, por exemplo, régua de madeira, maciça natural ou termomodificada. Podemos também fixar compósitos madeira-cimento, painéis compactos fenólicos e painéis de aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas.

Fixação por montantes metálicos e subestrutura de madeira

É também viável fixar os revestimentos através de uma solução mista que emprega montantes metálicos e uma subestrutura de madeira. Utilizam-se os montantes metálicos fixos ao pano de parede, o que faz com que, como vimos anteriormente, não existam pontes térmicas caso o isolamento seja feito pelo exterior. A estes montantes metálicos, que podem ser verticais ou horizontais, fixa-se uma subestrutura de madeira, ortogonal à primeira, à qual depois vamos fixar o revestimento exterior. Tal como no sistema de fixação por perfis metálicos como no sistema de fixação por montantes e subestrutura de madeira, esta solução mista permite estabelecer um afastamento entre o pano de parede e o revestimento exterior, criando assim uma caixa-de-ar que pode ser usada para ventilar a madeira ou num sistema mais complexo de fachada ventilada. Neste sistema acabamos por conciliar o melhor dos dois, temos a flexibilidade dimensional dos perfis metálicos e consequente controlo do grau de ventilação, e temos elementos de madeira ao qual fixamos o revestimento exterior, facilitando assim o tipo de ligação a utilizar.

Com este sistema podemos fixar, tal como acontece na fixação por montantes de madeira, régua de madeira e revestimento em escama, de madeira maciça natural ou termomodificada. Podemos também fixar compósitos madeira-cimento, painéis compactos fenólicos, placas de aglomerado de cortiça expandida e painéis de aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas.



Figura 5 - fixação por montantes metálicos e subestrutura de madeira

Tipos de fixações

A articulação entre o sistema de fixação e o elemento que faz a ligação do revestimento à estrutura do sistema é uma temática que não pode ser descurada. Devemos assim referir que existem vários tipos de elementos de ligação cuja utilização varia consoante o material que vai fixar e o sistema onde o vai fixar.

Ancoragem por cavilhas ou discos

A ancoragem por cavilhas consiste na utilização de um pequeno elemento cilíndrico (cavilha), usado na horizontal ou na vertical consoante as forças a que vai ser sujeito, que sustém o revestimento. Ligado á cavilha está um perno que por sua vez é ligado diretamente ao pano de parede ou ligado a um perfil que se conecta à parede. Este é um sistema utilizado essencialmente para revestimentos de fachada leves. Sendo aqui que reside a diferença entre a ancoragem por cavilhas e a ancoragem por discos, pois a última permite a fixação de soluções de revestimento mais pesadas.



Figura 6 - Ancoragem por cavilhas (imagens do topo e canto inferior esquerdo) ou discos (canto inferior direito)

Ancoragem por grampos

Consiste na utilização de uma peça metálica, grampo, na qual é pousado o revestimento, suportando o seu peso. Como podemos ver na figura é um tipo de elemento de fixação maioritariamente usado à vista. Contudo os revestimentos podem incluir uma cavidade que permita a ocultação do elemento. É uma solução versátil pois aplica-se a revestimentos leves e pesados.



Figura 7 - ancoragem por grampos

Ancoragem linear

De funcionamento semelhante à ancoragem por grampos, este destaca-se por se fixar ao revestimento em todo o seu comprimento, suportando o seu peso. Este sistema aplica-se a revestimentos pesados e que detêm uma espessura que permita a existência de um entalhe onde se encaixa a ancoragem. Resulta assim num sistema de fixação oculta.



Figura 8 - ancoragem linear

Ancoragem no tardo

É a solução que apresenta uma maior diversidade de sistemas, existindo soluções para vários tipos de revestimento.

Para aplicação em revestimentos leves temos a fixação por pernos ajustáveis. Esta consiste na utilização de pernos que podem ser ajustados ao revestimento, criando um aperto entre a cavilha e o perno, segurando o revestimento.

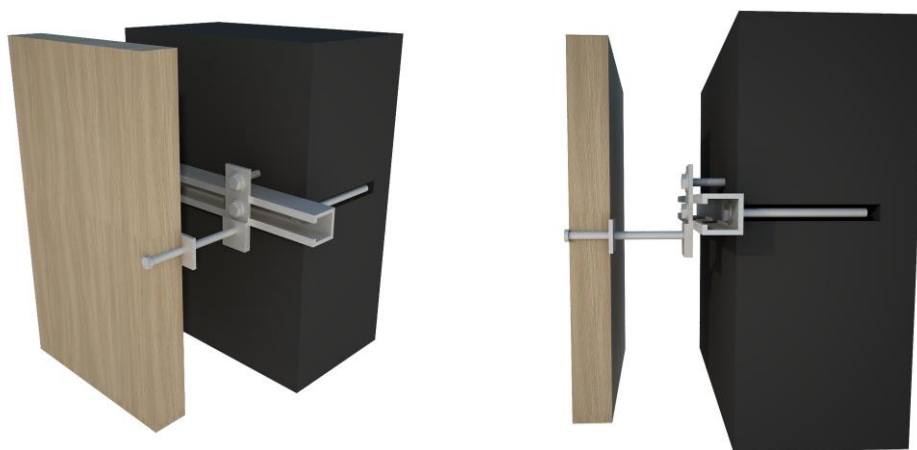


Figura 9 - fixação por pernos ajustáveis

A fixação de revestimentos pesados pode, por sua vez, ser alcançada através da utilização da ancoragem por sistema de suspensão. Este caracteriza-se por, como o nome indica, suspender as peças através de um perfil com pernos encastrado no próprio revestimento. Como complemento inclui-se neste sistema pernos semelhantes à solução anterior.



Figura 10 - ancoragem por sistema de suspensão

Para fixação de revestimentos muito leves (fenólicos) existem sistemas de aperto que fixam os painéis sem grande intervenção estética. Este sistema consiste, como podemos observar na imagem, na utilização de um elemento, a aranha, que conecta o revestimento ao perfil metálico da estrutura auxiliar.



Figura 11 - sistema de aperto

Fixação por parafusos, pregos e rebites

É a solução mais utilizada para revestimentos em madeira maciça e consiste na utilização de parafusos ou pregos para fixação aos montantes de madeira, e na utilização de parafusos e rebites para fixação do revestimento aos montantes metálicos.



Figura 12 - fixação por parafusos, pregos e rebites

Soluções de Revestimento

Através de um desenho de pormenor cuidado conseguimos ter uma grande gama de madeiras e derivados de madeira que podem ser utilizados em ambiente exterior. Com a antecipação devida no momento da pormenorização conseguimos reduzir a manutenção que há muito vem fragilizando a adoção dos revestimentos exteriores de madeira. Dentro de um vasto universo de materiais passíveis de serem utilizados vamos tentar enumerar uma parte considerável destes.

Podemos dividir os revestimentos de madeira em três categorias genéricas, a madeira maciça, a madeira modificada e os derivados de madeira. A madeira maciça é, como o próprio nome indica, madeira que ainda não foi substancialmente alterada e que é usada a partir da matéria-prima (admitimos contudo nesta categoria que a madeira possa ser tratada com elementos preservadores). Por antítese a madeira modificada e os derivados da madeira são alcançados através da transformação, mais ou menos profunda, da matéria-prima, ou, no caso dos derivados, através da utilização de um subproduto da madeira

Dentro destas encontramos uma série de materiais e de subcategorias que tornam o revestimento exterior de madeira num sistema bastante global e adaptável.

Madeira maciça

Obtêm-se através de vários processos podendo, por exemplo, ser descascada, lascada e serrada. Por se tratar de um elemento natural, pouco modificado, devem-se ter determinadas considerações no momento da pormenorização para que revestimentos deste tipo possam ter uma vida útil maior. Um dos fatores mais importantes a considerar é a humidade e a sua variação. Esta pode oscilar, na maioria dos casos, entre uma humidade máxima de 22% nas fachadas a norte no inverno e uma humidade mínima de 10% nas fachadas a Sul expostas ao

sol de verão. A variação sazonal em cada face encontra-se entre os 6% e os 8%. Estas alterações de humidade têm uma repercussão direta nas alterações dimensionais da peça e, como tal, é imperativo considerar os diversos fatores que intervêm na variação da humidade.

Devemos portanto considerar as diferenças entre as zonas cobertas de uma fachada em contraponto com os locais que estão expostos às intempéries. Muitas vezes na mesma fachada temos graus de exposição diferentes o que leva a comportamentos diferentes por parte da madeira. Este pode ser um problema e como tal muitas vezes é desaconselhável a utilização de elementos avançados que protegem parcialmente a fachada. Outra zona que deve ser alvo de um cuidado especial é a zona inferior da fachada. Qualquer revestimento a madeira deve terminar a pelo menos 20 cm do chão. Isto tem por objetivo evitar o contacto direto com a água presente no chão e evitar também as zonas expostas à ação indireta da água, os salpicos da água das chuvas. Outro ponto crucial que se deve considerar é a extremidade da peça onde o corte foi efetuado perpendicularmente às fibras, fator que propicia a absorção de humidade.

Para além da humidade também as características inerentes de cada espécie de madeira interferem no tipo de comportamento que a mesma terá. Deve-se portanto assumir esta variação volumica e desenhar o revestimento e as fixações para que este se possa movimentar, aumentar o seu volume e diminui-lo, sem que existam demasiadas tensões e consequentes rachaduras e empenos.

Tabela 1 - Madeira maciça - processos de transformação¹⁶

PROCESSO	DESCASCAR	RACHAR /DIVIDIR	SERRAR
PRODUTO INTERMÉDIO	TRONCOS	TELHAS/RÉGUAS DE MADEIRA	MADEIRA SERRADA
PRODUTO FINAL		TÁBUAS	PLACAS DE RIPADO PERFILADAS

¹⁶ Ruske, Wolfgang. *Timber construction for trade, industry, administration : basics and projects*. Basel: LinkBirkhäuser, 2007.

Revestimento em escama/telha

Este tipo de revestimento consiste na utilização de elementos retangulares de madeira que mimetizam em certa parte aquilo que são as coberturas tradicionais em telha. Sobrepostos entre si de forma intercalada, estas peças de madeira escondem os elementos utilizados para a fixação, resolvendo logo à partida quaisquer problemas de estanquidade nestes locais tendencialmente mais frágeis. Pode ser concretizado com tábuas de igual dimensão ou através da utilização de tábuas de diferentes dimensões e de diferentes recortes inferiores para ter um efeito menos regular.

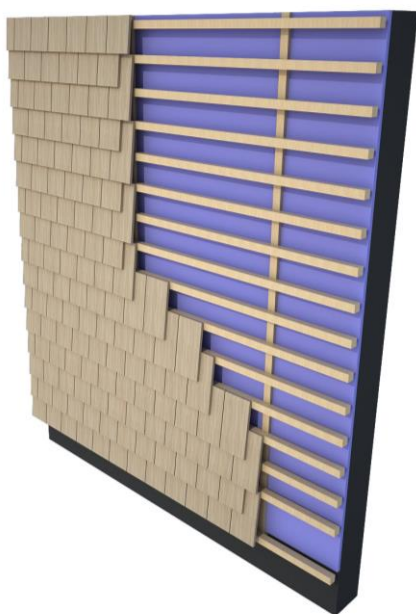


Figura 13 - revestimento em escama



Figura 14 - foster and partners - chesa futura

No que toca a estrutura de fixação este revestimento pode ser instalado com montantes de madeira verticais com subestrutura horizontal ou com montantes metálicos verticais com subestrutura horizontal de madeira.

Os remates das esquinas neste tipo de revestimento podem ser bastante simples e elegantes. Quando se trata de rematar um ângulo de 90° para o interior basta cortar as “escamas de madeira” de forma que os revestimentos dos dois panos de parede se possam encostar. Quando se trata de um ângulo de 90° para o exterior o remate é mais trabalhoso pois as peças de contacto entre panos de parede têm, de um dos lados, de ser cortadas com o ângulo que as “escamas” fazem.

Régua

O revestimento em régua é possivelmente o revestimento em madeira mais utilizado. Este consiste na utilização de elementos retangulares compridos, em forma de régua, que se vão dispor na horizontal, vertical ou diagonal, ao longo da fachada.

Este elemento existe com diferentes perfis e consequentemente com diferentes tipos de encaixes devendo a escolha adequar-se ao tipo de utilização que terá. A título de exemplo apresentamos alguns desses reguados de madeira perfilados:



Figura 15 - régua de madeira¹⁷

A espessura destes elementos é informada pela dureza da espécie, mas o fator mais determinante neste aspeto é o tipo de perfil escolhido. Elementos cortados com arestas retas podem ter uma espessura mínima de 16mm (4), ao passo que o perfil de extremidade em pena (2) não deve ter uma espessura menor que 19mm e o mais recorrente perfil de língua e ranhura (1,3) tem como mínimo aconselhável 22mm de espessura.

¹⁷ Imagem retirada do catálogo Riko

Régua horizontal

Quando é disposto na horizontal a largura das tábuas não deve exceder os 150mm. Quando são sobrepostas, quer de extremidade em pena (2) quer de cantos retos (4), a porção em sobreposição deve ser no mínimo de 25mm quando se trata de madeira termotratada. Quando é madeira natural deve-se considerar o comportamento que os elementos sofrerão e, consoante a parte do tronco da qual foi cortada, prever as direções dos movimentos de dilatação e retração. Quando existe reentrância na sobreposição então esta pode ser diminuída para 15mm, devendo contudo manter-se um intervalo de 2mm para que as tabuas se possam mover. No caso dos elementos perfilados em língua e ranhura a largura máxima da tábua não deve exceder os 125mm e deve salvaguardar um mínimo de 10mm de sobreposição entre peças e manter também, no mínimo, 2mm de espaço livre para movimentações da madeira. Já as fachadas com ripado perfilado articulado por aberturas (5) devem salvaguardar um intervalo entre as peças de 8mm a 15mm e, para impedir que a água caia para o lado interior do revestimento e gerar uma ligeira sobreposição em projeção, os elementos em madeira deve ser chanfrados nos limites superiores e inferiores. Por se tratar de um tipo de fachada com aberturas é preciso um cuidado extra na impermeabilização e proteção da membrana usada para o efeito.



Figura 16 - régua horizontal



Figura 17 - Scheidt Kasprusch Architekten - Minimum House

Em termos de fixação devemos optar pela utilização de montantes horizontais com uma subestrutura vertical para ventilação ou em alternativa utilizar montantes verticais com interrupções.

Régua diagonal

Para o régua de madeira colocado na diagonal o perfil mais indicado é o de junta fechada pois a sua face chanfrada junto á sobreposição serve para escoar a água e impedir que esta se acumule nas sobreposições. Pela mesma razão os perfis de língua e ranhura também pode ser adotados neste sistema.

Para este sistema de orientação diagonal os montantes de fixação também podem ser colocados na diagonal, perpendiculares á direção do revestimento, aumentando a distância entre montantes. Para a fixação deste tipo de revestimentos é necessária, para ventilação, a utilização de uma subestrutura de montantes ou, em alternativa, interromper os montantes para permitir a passagem do ar.



Figura 18 - régua diagonal



Figura 19 - Autor desconhecido - Coimbra

Réguaodo vertical

Com a orientação vertical um dos perfis mais indicados são os de língua e ranhura. Contudo estes não devem ter uma largura maior que 125mm para não se correr o risco de, com os movimentos da madeira, a língua desengatar. Também se aconselha a utilização do perfil de extremidade em pena e do perfil de cantos retos sobrepostos, sendo este último aquele que apresenta uma maior versatilidade. Com perfil de cantos retos sobrepostos, quando utilizado na vertical, pode-se criar uma variação de dimensões e de espessuras, resultando num aspeto mais dinâmico e que pode ser mais interessante em termos estéticos. Contudo a espessura mínima de sobreposição não deve ser inferior a 20mm.



Figura 20 - réguaodo vertical



Figura 21 - Frederico Valsassina Arquitectos - Casa Estoril

Em termos de fixação podemos utilizar a fixação com montantes de madeira com subestrutura de madeira ou metálica. A exceção está na utilização de perfis de cantos retos sobrepostos (4) e de perfis articulados por aberturas, pois nestes casos não é necessária a subestrutura para ventilar os elementos.

Sombreamento com madeira perfilada

Paralelamente à utilização com propósitos de estanquidade também se utilizam os revestimentos em madeira com objetivo de sombrear determinada zona. Em sequência do que expusemos no tópico anterior, a maioria dos sistemas de sombreamento em madeira recorre aos reguados perfilados. Através destes consegue-se ter um controlo evidente do sol que penetra o edifício pois para além de se poder utilizar a profundidade da régua, também podemos manipular a distância entre régua e as suas inclinações.

Dependendo do tipo de sombreamento que se desenha o tipo de fixação terá de se adaptar a este. Contudo, para um reguado perfilado articulado por aberturas (5), o mais comum em sombreamentos, não é necessário mais do que uns montantes de madeira ortogonais ao régua.



Figura 22 - Sombreamento com madeira perfilada



Figura 23 - Mizuishi Architects Atelier - House with Futokoro

Remates de fachadas em réguas de madeira

A pormenorização do remate nas fachadas em réguas de madeira é um elemento que, juntamente com os limites das aberturas, detém um impacto visual determinante na estética do edifício.

Estes remates podem ser feitos com recurso a várias técnicas, como por exemplo:

Remate em madeira maciça

Neste método usamos um elemento vertical maciço que vai rematar e criar uma coerência visual em todo o edifício. Como podemos ver na imagem é um elemento que se adossa aos montantes verticais que sustentam o revestimento mas que mantém todavia um afastamento de 8 a 10 mm em relação ao fim do revestimento. Isto acontece com o objetivo de ventilar os limites das réguas de madeira.



Figura 24 - Remate em madeira maciça

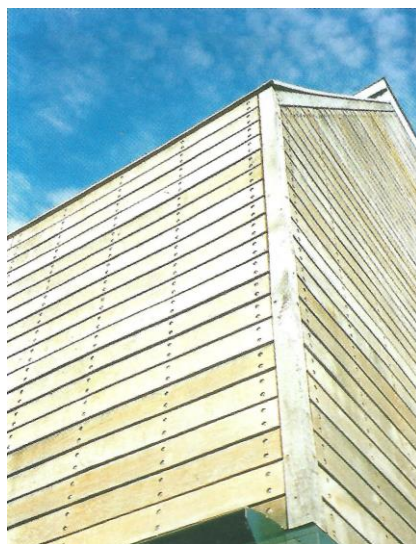


Figura 25 - David Chipperfield architects - Rowing Museum

Remate em L em sobreposição

É alcançado através do uso de duas peças perfiladas de madeira que, ligadas entre si na ortogonal, formam um L que envolve o canto do edifício por fora. Como podemos ver na imagem para este sistema funcionar é necessário que um dos montantes verticais se prolongue, juntamente com o revestimento, até ao limite da outra face. Surge depois o referido L que envolve a esquina formada por ambos os revestimentos. De referir que

estes elementos que formam o L devem ser perfilados de maneira a conterem um entalhe para que a água não ascenda por capilaridade.



Figura 26 - Remate em L em sobreposição

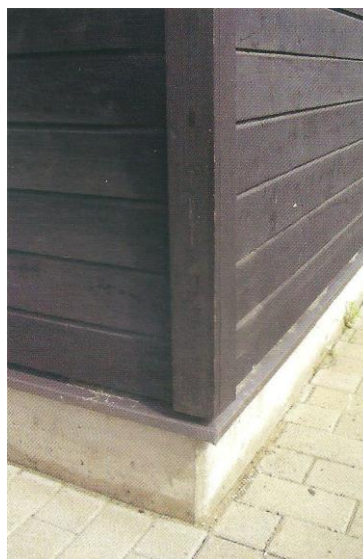


Figura 27 - autor desconhecido

Remate em L encastrado

Este tipo de remate junta características dos dois referidos anteriormente. Como podemos ver na imagem é usado um elemento vertical de madeira maciça, tal como acontece com os remates em madeira maciça. Contudo este elemento é mais pequeno, servindo para rematar o canto adossando-se aos montantes e permitindo que um elemento em L possa ser colocado e ficar alinhado pela face do revestimento. Este elemento em L, composto por duas réguas perfiladas, deve manter-se afastado do limite do revestimento 8mm a 10mm tendo como objetivo a ventilação das extremidades do revestimento.



Figura 28 - Remate em L encastrado

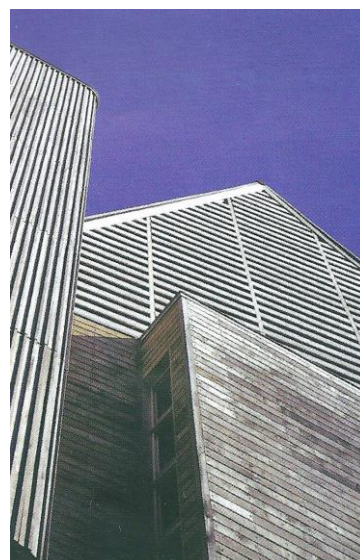


Figura 29 - Long and Kentish - national maritime museum

Remate em reentrância

Este remate é conseguido através da colocação de duas régua verticals adossadas aos montantes. Como podemos ver na imagem os últimos montantes do revestimento estão no limite da fachada e quando a estes lhe adossamos uns elementos verticais temos o aspeto de uma reentrância, como se a esquina desaparecesse. Segundo a mesma lógica dos anteriores também aqui é aconselhável que o revestimento fique entre 8mm e 10mm afastado do elemento vertical que serve de remate.



Figura 30 - Remate em reentrância

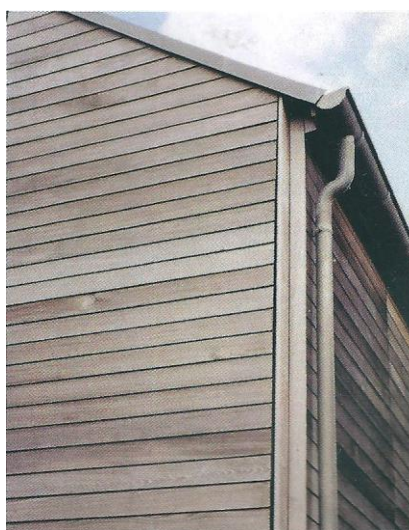


Figura 31 - Foster and partners - national botanic garden of wales (foto P. Hislop)

Remate aberto com o revestimento

Rematar régua horizontais com junções chanfradas não é aconselhável pois, por muito ligadas que as régua estejam no início basta um pequeno movimento da madeira para se abrir uma brecha para a humidade entrar. Contudo quando se trata de uma fachada que contempla espaços entre as régua este sistema já faz mais sentido desde que se mantenha a mesma lógica de espaçamentos, pois assim é capaz de dissimular os movimentos da madeira.

Remate de revestimentos na diagonal

A pormenorização do remate dos revestimentos na diagonal segue a mesma lógica presente nos revestimentos horizontais. Em ambos os sistemas os remates mais aconselháveis são o remate de madeira maciça, os remates em L, e o remate em

reentrância. A Única diferença está no espaçamento que deve ser deixado entre o revestimento e o remate. Se nos revestimentos horizontais esta dimensão é de 8mm a 10mm, nos revestimentos diagonais esta deve aumentar para um mínimo de 12mm. Isto porque devido à inclinação do réguado a descarga de água nas juntas é maior, devendo por isso estar salvaguardado um espaçamento maior.

Remate com o revestimento em réguado vertical

Em termos de remates o revestimento com o réguado na vertical é aquele que apresenta uma maior versatilidade. Para além de poder ser resolvido com todos os exemplos apresentados anteriormente podem também em certos casos ser rematado com o próprio revestimento. Como podemos ver na imagem o revestimento tábua a tábua permite que o remate seja feito sem recorrer a outros elementos, bastando para isso que uma das peças se prolongue.



Figura 32 - Remate com o revestimento em réguado vertical



Figura 33 - Paterson architects - seton mains house (foto keith hunter)

Parede maciça de madeira



Figura 34 - Valley Forge cabin

Uma das soluções vernaculares de construção que ainda é utilizada na contemporaneidade é a construção por troncos de madeira. Esta consiste na utilização de troncos, previamente desprovidos da sua casca, assentes uns em cima dos outros, formando panos de parede de madeira maciça. Neste processo seccionam-se os troncos em pontos-chave como por exemplo nos locais de ligação entre panos de parede e/ou ao longo de todo o tronco, tornando o encaixe entre os diferentes elementos possível. Existe assim um número considerável de tipos de ligações possíveis na construção com troncos (ver Figura 35) como a ligação em cauda de andorinha, a ligação em espiga, etc.. Após a montagem segue-se o processo de calafetagem tendo em vista a total impermeabilização das juntas. Como não são utilizados outros materiais, o pano de parede em troncos de madeira precisa de suprir as necessidades de revestimento, térmicas, estéticas, etc. do edifício. Como tal, para um adequado comportamento

a espessura dos troncos deve variar segundo o clima e o tipo de agressões a que o edifício está sujeito.

Por se tratar de uma construção maciça, com um peso considerável, não é recorrente, para além do sistema de encaixe, a utilização de outros elementos de fixação tais como pregos, parafusos, etc..



Figura 35 - Remates¹⁸

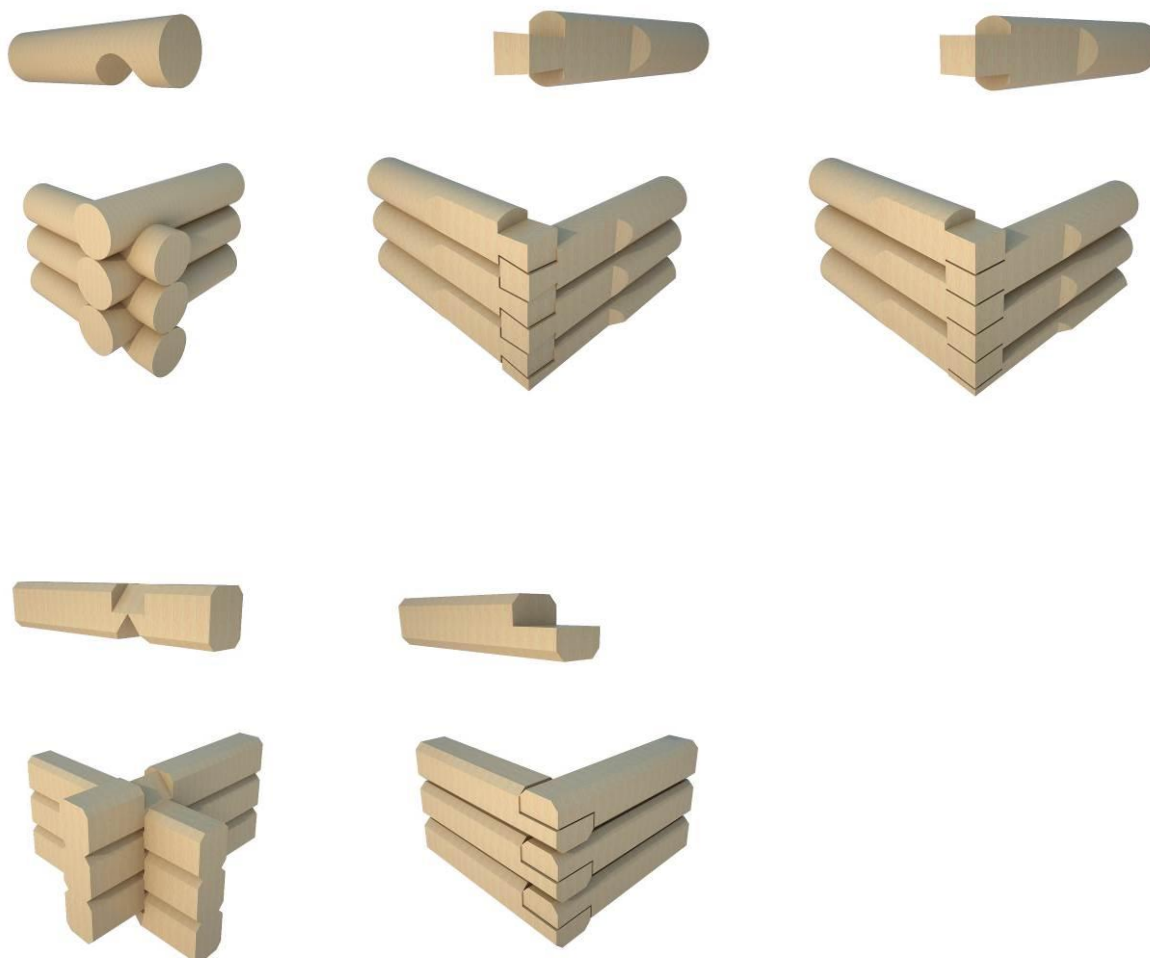


Figura 36 - Tipos de ligações

¹⁸ Imagens retiradas da wikipédia

Bambo

Podemos encontrar matas de bambu na África, Ásia, América e Oceânia, distribuídas pelas zonas tropicais, subtropicais e temperadas do nosso planeta. O bambu é assim um material com grande potencial pois, a esta distribuição, soma boas propriedades físicas, crescimento rápido e características estéticas apreciáveis.

Existem várias espécies usadas na construção, contudo a mais conhecida e estudada e aquela que é considerada a melhor para construção é a *Guadua Angustifolia*. Esta atinge a altura máxima num curto período de 6 meses e atinge a maioridade ideal de corte aos 3, 4 anos. É assim uma espécie de rápido crescimento e cujas matas se podem regenerar rapidamente, sendo assim uma espécie sustentável.

Este material pode ser utilizado na fachada como sombreamento ou como revestimento, dependendo a sua utilização da densidade de elementos colocada. Normalmente são rematadas com calhas metálicas que mantêm a fachada em bambu estável e oferece uma demarcação horizontal que funciona bem do ponto de vista estético.



Figura 37 - AST77 architecten - low energy bamboo house

Colmo / palha

Não sendo necessariamente uma “madeira maciça” trata-se de um elemento vegetal que é utilizado sem grandes transformações, daí termos decidido colocá-lo nesta secção. O colmo, um tipo de palha, é usado em algumas construções vernaculares na Madeira e nas zonas costeiras de Portugal continental. Essencialmente usado em coberturas começa na contemporaneidade a ser introduzido nas fachadas, pelo que a investigação e a informação sobre a sua utilização é extremamente reduzida. Contudo, analisando as construções vernaculares podemos chegar a alguns princípios de utilização. Deve-se colocar o colmo na vertical, de baixo para cima. Sequencialmente prende-se o colmo através de varas que exercem pressão sobre o este, imobilizando-o. Parte-se então para uma nova fiada de feixes de colmo, com parte sobreposta à fiada anterior para garantir a impermeabilização. Os feixes de colmo são posteriormente aparados de forma a conferir alguma coerência estética ao conjunto.¹⁹



Figura 38 - Kengo Kuma Associates - Yusuvara Marche



Figura 39 - casa de colmo - foto trumbucto

¹⁹ *Santana Madeira Biosfera*. s.d. <http://santanamadeirabiosfera.com/pt/2012-04-08-23-24-26/cultura-e-patrimonio/recuperacao-de-casas-de-colmo> (acedido em 24 de Maio de 2013).

Madeira modificada: Termo-tratada

Este sistema consiste em tratar a madeira através de um processo exclusivamente térmico, isto é, sujeitar a peça de madeira a temperaturas acima dos 200°C por algumas horas, o que vai alterar a composição química do próprio elemento. A madeira termotratada detém como características principais o excelente comportamento perante a água e humidade, tornando-a por conseguinte resistente aos ataques biológicos, visto que estes surgem com maior facilidade em ambientes húmidos. É um tipo de tratamento que torna a madeira bastante estável em termos dimensionais, o que é uma mais-valia que o distingue dos demais tratamentos. A maior desvantagem prende-se com a perda de resistência, o que faz com que este tipo de produto não seja utilizado como estrutura, todavia é um método com grande margem de investigação e certamente que em breve este paradigma se alterará.



Figura 40 - madeira termo-tratada



Figura 41 - módulo Jular

Derivados de madeira

Através da transformação da madeira podemos hoje utilizar o melhor que a madeira tem para oferecer sem sofrer com alguns dos seus (poucos) inconvenientes. Os derivados da madeira colocam-se assim como alternativa viável, abrindo o leque de oportunidades para aqueles que querem trabalhar com madeira.

A madeira pode assim sofrer vários processos de modificação. Pode ser serrada, laminada, lascada e pulverizada. É posteriormente agregada, normalmente sob pressão e adição de outras substâncias como resinas sintéticas, aglutinantes minerais, colas e produtos semelhantes. É um processo vantajoso pois o resultado final é um produto mais homogêneo na sua constituição e como tal mais fácil de dimensionar e trabalhar. Outra vantagem dos processos de transformação de madeira é o maior aproveitamento da matéria-prima. Todavia os derivados de madeira são um grupo mais alargado de soluções, não se prendendo só à transformação da madeira. Inclui também todas as soluções construtivas que empregam subprodutos da madeira como a resina e a casca. Por terem características muito distintas o comportamento dos materiais estudados serão analisados produto a produto.

Tabela 2 - Derivados da madeira - processos de transformação/produto final

PROCESSO	SERRAR	LAMINAR /FATIAR		LASCAR	PULVERIZAR
PRODUTO INTERMÉDIO	MADEIRA SERRADA	LAMINADOS	LÃ DE MADEIRA	LASCAS	FIBRAS
PRODUTO FINAL	CONTRAPLACADO	MADEIRA LAMINADA COLADA (LVL)	PAINÉIS DE LÃ DE MADEIRA	AGLOMERADO DE PARTÍCULAS	PAINEL DE FIBRAS POROSO
	PAINEL LAMELADO	MADEIRA DE FIO PARALELO (PSL)	LAJETAS DE LÃ DE MADEIRA	PAINEL LAMINADO DE PARTÍCULAS (LSL)	PAINEL MÉDIO
	MADEIRA LAMELADA COLADA	CONTRAPLACADO LAMINADO		AGLOMERADO DE PARTICULAS LONGAS ORIENTADAS (OSB)	PAINEL RÍGIDO
				PAINEL DE PARTICULAS EXTRUDIDAS	PAINEL DE FIBRAS DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)
				AGLOMERADO DE PARTICULAS COM CIMENTO	PAINEL DE FIBRAS DE ALTA DENSIDADE (HDF)
				AGLOMERADO LAMINADO DE PARTÍCULAS	FIBROCIMENTO

Compósito madeira-cimento

A indústria da madeira aproveitava, em média, apenas 41,5% dos toros sendo o restante considerado excedente. O painel compósito madeira-cimento usa partículas de madeira, outrora consideradas lixo, e cimento, numa ação que coloca o material bem posicionado no respeito pelo meio ambiente. Esta combinação, madeira-cimento, dá-nos a flexibilidade da madeira com a resistência do cimento, permitindo vários usos, tanto de interior como de exterior.

É um material de fácil instalação, resistente, hidrófugo, e imune ao ataque de organismos vivos como fungos, térmitas ou qualquer tipo de insetos.

O seu processo de fabricação começa com o descasque dos troncos. São depois cortados e laminados e posteriormente transforma-se esta madeira em aparas. Prepara-se a mistura. São doseadas as aparas, água, aditivos e cimento, formando uma massa. Esta mistura é colocada em chapas de aço para conformação, sendo depois prensadas. Os painéis seguem para a estufa de endurecimento e posteriormente são desprensados e retiram-se as chapas. Sofrem um pré-corte e são colocados em maturação, seguindo por fim para o túnel de secagem.

Os painéis compósitos madeira-cimento têm à saída de fábrica um teor de humidade aproximadamente de 9% a 12% e estão em equilíbrio quando a temperatura ambiente é de 20° com uma humidade relativa entre os 60% e 80%²⁰. Perante isto e para garantir as melhores condições para a aplicação, o painel deverá adaptar-se à humidade ambiente do local de aplicação, no mínimo durante 48h, antes de ser colocado.

A fixação pode ser feita através de aparafusamento com a assistência ou não de colas. Pela similaridade de comportamento dos materiais o painel madeira-cimento deve ser fixado a uma subestrutura de madeira mas pode, caso a primeira hipótese seja impossível, ser fixo a uma subestrutura metálica.

Devido às variações dimensionais que o painel pode sofrer recomenda-se que a furação da placa seja de maior diâmetro que o parafuso, para permitir que esta se possa mover sem

²⁰ Segundo o catálogo viroc

criar tensões nos elementos aplicados. Pelo mesmo motivo as juntas entre painéis deve salvaguardar uma abertura mínima de 5mm, podendo ou não ser preenchida.

Este é o material ideal para a realização de fachadas ventiladas sendo que para sua utilização em exterior o painel deve ter uma espessura mínima de 12mm e não pode ser aplicado lixado. Devemos também proteger o painel aplicando uma tinta ou verniz.



Figura 42 - círculo de texturas



Figura 43 - MYCC - Prefabricated Nature

Painéis compactos fenólicos

Estes painéis são dotados de grande versatilidade, podendo ser aplicados na vertical ou na horizontal. São compostos essencialmente por 3 partes: o núcleo, constituído por folhas de papel kraft impregnadas com resina fenólica, a folha decorativa, elemento composto por uma folha de papel ou folha de madeira natural que é impregnada em resina melamínica, e a película protetora, película overlay também ela impregnada em resina melamínica.

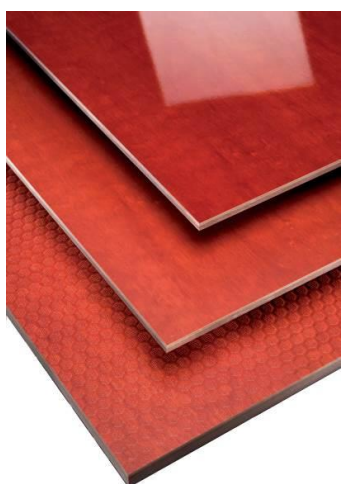


Figura 44 - Painéis compactos fenólicos

Estas camadas são depois expostas a elevadas pressões e temperaturas, o que faz com que se funda e, posteriormente, endureça. Este processo resulta num produto homogéneo, sem porosidades, regular e resistente às agressões externas como o sol, a chuva e humidade. Segundo os fabricantes a degradação das cores não é visível durante 10 anos e a que vai surgindo posteriormente é residual.

A fixação destes painéis pode ser realizada através de montantes metálicos ou montantes de madeira, podendo a fixação ser visível ou oculta, dependendo do resultado estético pretendido.

Revestimento a cortiça

Recentemente temos vindo a assistir a uma crescente utilização de cortiça no revestimento exterior dos edifícios. Isto deve-se à capacidade que a cortiça tem de resolver vários problemas. Esteticamente é interessante, podendo ser deixada a vista. Absorve pouca humidade e tem uma variação dimensional residual, servindo para impermeabilizar o edifício. É um bom isolante acústico e térmico pelo que quando usado no sistema capoto elimina as pontes térmicas que o edifício possa ter. Como podemos verificar, com uma solução construtiva conseguimos resolver bastantes problemas que se colocam ao revestimento exterior.

Aglomerado de cortiça expandida

Após a extração da cortiça, esta é triturada, separando-se o entrecasco, levando depois à granulação. Os grânulos são então colocados em autoclaves e expandidos por ação do calor e do vapor de água²¹. Confinados, os grânulos não tem por onde expandir e libertam a sua resina, a suberina, resina esta que, uma vez arrefecida, serve como ligante dos grãos.

Os blocos de aglomerado de cortiça expandida são então serrados às diferentes espessuras.



Figura 45 - Aglomerado de cortiça expandida

Deste processo resultam placas que são posteriormente fixas na fachada através de adesivo impermeabilizante ou através de fixação mecânica (parafuso). Com este revestimento alcançamos um bom isolamento térmico e acústico, obtemos uma boa resistência às agressões climáticas e conseguimos ter uma textura e estética interessantes. Para além de se tratar de um produto natural, é reciclável e tem uma durabilidade bastante grande sem perda das suas propriedades. É assim um produto sustentável e ecológico.

²¹ *Aglomerado de Cortiça Expandida - Isocor*. s.d. <http://isocor.pai.pt/ms/ms/isocor-aglomerados-de-cortica-ace-produtos-1050-012-lisboa/ms-90047830-p-3/> (acedido em 27 de Maio de 2013).

Granulado de cortiça projetado

A cortiça natural projetada em emulsão é uma mistura entre o granulado de cortiça com resinas poliméricas. Este sistema consiste na aplicação do composto nas fachadas por meio de projeção, concretizando o sistema capoto em apenas um passo enquanto confere um acabamento cuidado. É uma solução resistente às condições climáticas e contribui para o melhoramento da qualidade interior pois confere isolamento térmico e acústico.

Está disponível em diversas cores, podendo assim ser objeto alvo de composição arquitetónica. É fácil e rápido de instalar e pode ser utilizado para revestir qualquer tipo de superfície, desde metal até a argamassas já existentes.



Figura 46 - Gabriela Gomes - shelter

Os seguintes derivados de madeira não tem atualmente uma aplicação direta em revestimentos de fachada. Contudo, acreditamos que com o devido cuidado de pormenorização e junção de técnicas é possível usar alguns destes materiais em ambiente exterior de fachada.

Aglomerado de partículas

É um material constituído por partículas de madeira, sendo composto por partículas de 3 dimensões diferentes, aglutinadas por resinas e pressão a quente. A prensagem a quente, que concretiza este material em painéis, influencia a distribuição das partículas sendo que as de menor dimensão encontram-se na superfície, ao passo que as de maior dimensão se encontram no centro.

É um derivado de madeira bastante comum, utilizado maioritariamente em móveis e detém a vantagem de ser produzidos em várias dimensões. Todavia tem algumas fragilidades pois não deve ser aplicada em ambientes húmidos. Para uma aplicação em condições de ligeira humidade podemos usar o aglomerado hidrófugo, que nos dá melhores garantias de durabilidade.



Figura 47 - Aglomerado de partículas

Contraplacado

É um painel constituído por várias camadas de folhas de madeira, normalmente de número ímpar, coladas entre si por meio de cola, calor e altas pressões. As folhas são sobrepostas alternando a direção do fio fazendo com que, entre folhas adjacentes, uma esteja perpendicular à outra. Devido a esta característica o contraplacado tem grande resistência à flexão e às deformações por empeno.

São peças constituídas por 3 elementos, as mencionadas folhas de madeira, a alma e a cola. Consoante a variação destes constituintes podemos ter diferentes tipos de contraplacado como mostram os exemplos que se seguem. Contraplacado laminado é composto por diversas lâminas de madeira de igual espessura coladas entre si, seguindo a já referida regra de orientação do fio. Contraplacado laminado folheado difere do anterior apenas na utilização de uma folha fina de madeira nas suas superfícies. Contraplacado sarrafado é conseguido através da colagem de várias ripas de madeira, sarrafos, formando uma placa. Quando a este processo adicionamos uma folha de madeira a ambas as superfícies maiores temos o contraplacado laminado sarrafado.



Figura 48 - Contraplacado

Madeira lamelada-colada cruzada (*CLT: cross-laminated timber*)

É um produto constituído por lamelas de madeira maciça, normalmente de espécies resinosas, com espessuras entre os 20mm e os 40mm. Estas lamelas são sobrepostas, dispostas ortogonalmente em relação à camada adjacente, e pode alcançar várias espessuras consoante a função que vai desempenhar.

É um sistema essencialmente estrutural mas que também pode funcionar como acabamento final. Estes painéis executam assim paredes, pisos, coberturas, desempenhando funções estruturais, de compartimentação e revestimento. Face às soluções tradicionais o CLT leva vantagem no desempenho face a ação sísmica, na eficiência energética e na rapidez de construção, característica que deriva da apetência deste produto para a pré-fabricação.



Figura 49 - CLT

Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (*OSB: oriented strand board*)

O OSB é um derivado da madeira composto por lasca orientadas segundo uma determinada direção. O processo de fabrico consiste no revestimento das partículas de madeira com cola e posterior colocação em camadas, cada uma orientada em determinada direção, de modo a maximizar a resistência e estabilidade do painel. Este colchão é posteriormente

submetido a condições de pressão e temperatura muito elevadas, resultando num painel estruturalmente denso, resistente, dimensionalmente estável e durável.

É um produto dotado de grande versatilidade, de qualidade uniformemente distribuída e de boa resistência mecânica. Por tudo isto é tratado como elemento estrutural. Possibilita um melhor aproveitamento dos toros da madeira, cerca de 96%, baixando o custo e proporcionando também um produto mais eficiente do ponto de vista ambiental. É possível utilizar na sua fabricação toros mais finos e de menor valor comercial, fator que, quando somado a um processo de fabrico totalmente automatizado e de grande escala baixa consideravelmente o seu preço, tornando este produto num derivado bastante competitivo²².

Existem quatro classes de desempenho disponíveis, que variam consoante o tipo de utilização a que vão ser sujeitas:

OSB/1 destina-se a usos gerais em ambiente seco, tais como mobiliário e aplicações em interiores.

OSB/2 destina-se a aplicações para fins estruturais em ambiente seco.

OSB/3 destina-se a aplicações para fins estruturais em ambiente húmido

OSB/4 destina-se a aplicações para fins estruturais especiais, em ambiente seco ou húmido



²² industria, sonae. OSB. s.d. <http://www.sonaeindustria.com/page.php?ctx=2,0,125> (acedido em 27 de Maio de 2013).

Aglomerado de fibras de madeira (*MDF/HDF: Medium/high density fibreboard*)

O aglomerado de fibras de madeira é classificado consoante a sua densidade: média (MDF) e alta (HDF). É um derivado de madeira cujo processo de fabrico parte, num primeiro momento, pela pulverização da madeira. Posteriormente as fibras conseguidas através do processo de pulverização são sujeitas ao vapor e a pressão, separando-se uniformemente. Em seguida as fibras são aglutinadas através de aditivos, passando depois por um processo de calor e prensagem que lhe dá o aspeto e tamanho.

É um produto de elevada homogeneidade, estabilidade e capacidade de maquinização. De referir que existem variações deste produto que se apropriam a determinados usos, como a resistência ao fogo e a resistência à água.



Figura 50 - MDF

Casos de Estudo

WoodenQuark – o caso de estudo

O “WoodenQuark – Módulos habitacionais de madeira” é um projeto de investigação da Universidade do Minho associado ao QREN, Quadro de Referência Estratégica Nacional. Numa associação a este projeto e investigação, utilizou-se o WoodenQuark como caso de estudo para analisar a maneira como a pré-fabricação se pode articular com as características dos locais.

O WoodenQuark é descrito de uma forma simples como sendo casas de construção modular, executadas em tempo reduzido e a preços também eles reduzidos²³. É assim um projeto que visa a execução de um modelo de habitação, evolutivo e adaptável que recorre à madeira enquanto material estrutural. Esta versatilidade permite que o WoodenQuark se adapte a diferentes modos de vida, a diferentes agregados familiares e permite que, caso o número de pessoas se altere ou o nível de vida mude, se possam adicionar e retirar módulos. Esta flexibilidade que permite várias intervenções na habitação sem lhe retirar qualidades de habitabilidade ou qualidades estéticas, associada ao uso da madeira, contribui para o carácter sustentável desta solução, visto tratar-se de uma abordagem que permite uma via útil bastante considerável.

De modo a alcançar esta flexibilidade, cada módulo foi pensado como elemento multifuncional, podendo, como tal, albergar diferentes programas. Pensando cada módulo como único, este, permite que a panóplia de combinações possíveis seja considerável, podendo vários módulos semelhantes serem conectados, desempenhando contudo funções distintas. Esta característica permite que o cliente possa alcançar um nível de exclusividade bastante elevado. A associar a esta valência, é também possível personalizar cada módulo ao mais ínfimo detalhe.

Em termos de transporte, cada Quark pode ser transportando por inteiro ou por peças²⁴ prevendo assim a possibilidade de exportação, garantindo mobilidade e simplicidade logística. O processo de montagem é simples devido à sua modularidade, predefinição e pré-fabricação estrutural. Este carácter pré-fabricado permite controlar o processo de fabrico de forma a diminuir as variáveis externas, alcançando assim um produto de qualidade e de baixo custo.

²³Branco, Jorge M., Paulo B. Lourenço, Helena Cruz, e Lina Nunes (Eds.). “Casas em madeira. Da tradição aos novos desafios.” *Casas em Madeira: Seminário*. Lisboa: Universidade do Minho, 2013. 75-86.

²⁴ Branco, Jorge M., Paulo B. Lourenço, Helena Cruz, e Lina Nunes (Eds.). “Casas em madeira. Da tradição aos novos desafios.” *Casas em Madeira: Seminário*. Lisboa: Universidade do Minho, 2013. 75-86.

O Quark pode ser ajustado de forma a conseguir integrar-se no local, dotando a pré-fabricação daquilo que antes estava e falta, uma articulação entre a peça industrializada e o lugar, temática desenvolvida ao longo deste trabalho.

Escolha dos locais

Para que fosse possível aplicar os conhecimentos reunidos anteriormente, é necessário colocar o caso de estudo em locais concretos, que possam ser analisados e que contribuam para informar o projeto. Partindo de um número de opções enorme, virtualmente todo o mundo, o desafio passou por conseguir reduzir de uma forma lógica este número de opções. Decidiu-se então partir do fator climático como primeiro elemento de seleção para depois concretizar-se a escolha através de vetores de carácter social, cultural, económico e de afinidade.

Perante o objetivo de partir de uma análise climatológica decidiu-se usar o sistema de classificação climática mais utilizado em geografia, climatologia e ecologia²⁵: a classificação climática de Köppen-Geiger. Esta foi proposta por Wladimir Köppen em 1900 tendo sido posteriormente aperfeiçoada pelo mesmo em 1918, 1927 e 1936 com o auxílio de Rudolf Geiger. Esta classificação é baseada num princípio de origem fitossociológica e ecológica que

²⁵ Peel, M. C., B. L. Finlayson, e T. A. McMahon. *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*. Artigo científico, Copernicus Publications, 2007.

defende que a vegetação nativa é essencialmente uma expressão do clima que nela prevalece²⁶. Assim sendo, as regiões climáticas definidas por Köppen-Geiger tendem a corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de autóctones. Para além deste princípio base, são considerados fatores como a sazonalidade e os valores médios, anuais e mensais, da temperatura do ar e da precipitação. A classificação climática de Köppen-Geiger define assim cinco grandes grupos que são informados por tipos e subtipos. Estes cinco grandes grupos são o clima tropical (A), o clima árido (B), o clima temperado ou clima temperado quente (C), o clima continental ou clima temperado frio (D) e o clima glacial (E) (ver Tabela 3).

Tabela 3 - grupos da classificação climática de Köppen-Geiger

Código	Tipo	Descrição
A	Clima tropical	<ul style="list-style-type: none"> -climas megatérmicos -temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C -estação invernal ausente -forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)
B	Clima árido	<ul style="list-style-type: none"> -climas secos (precipitação anual inferior a 500mm) -evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual -não existem cursos de água permanentes
C	Clima temperado ou clima temperado quente	<ul style="list-style-type: none"> -climas mesotérmicos -temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendida entre -3°C e 18°C -temperatura média do mês mais quente > 10°C -estações de verão e inverno bem definidas
D	Clima continental ou clima temperado frio	<ul style="list-style-type: none"> -climas microtérmicos -temperatura média do ar no mês mais frio < -3°C -temperatura média do ar no mês mais quente > 10°C -estações de verão e inverno bem definidas
E	Clima glacial	<ul style="list-style-type: none"> -climas polares e de alta montanha -temperatura média do ar no mês mais quente < 10°C -estação do verão pouco definida ou inexistente

²⁶ Peel, M. C., B. L. Finlayson, e T. A. McMahon. *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*. Artigo científico, Copernicus Publications, 2007.

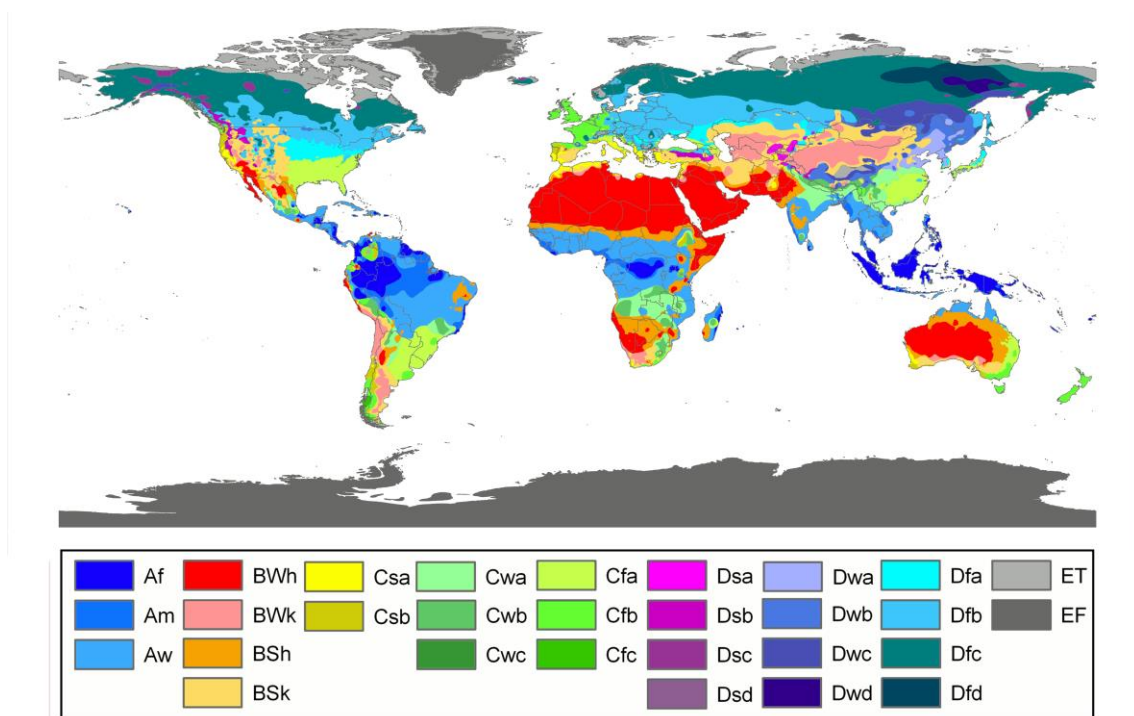


Figura 51 - mapa climático de Köppen-Geiger

Assim se obtém a primeira premissa de seleção dos locais a colocar o caso de estudo - implantar um módulo base em cada um dos grandes grupos – da qual resultaram cinco casos distintos.

Para estes 5 grupos estão definidos, como já referido, alguns tipos e subtipos (ver tabela 2).

Tabela 4 - tipos da classificação climática de Köppen-Geiger

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
S	-clima das estepes -precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760mm	B
W	-clima desértico -precipitação anual total média < 250mm	B
f	-clima húmido -ocorrência de precipitação em todos os meses do ano -inexistência de estação seca definida	A-C-D
w	-chuvas de verão	A-C-D
s	-chuvas de inverno	A-C-D
w'	-chuvas de verão-outono	A-C-D
s'	-chuvas de inverno-outono	A-C-D
m	-clima de monção: -precipitação total anual média > 1500mm -precipitação do mês mais seco < 60mm	A

T	-temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0°C e 10°C	E
F	-temperatura média do mês mais quente < 0°C	E
M	-precipitação abundante -inverno pouco rigoroso	E

Os subtipos correspondem a terceira letra do código e são:

Tabela 5 - subtipos da classificação climática de Köppen-Geiger

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
a: verão quente	-temperatura média do ar no mês mais quente > 22°C	C-D
b: verão temperado	-temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C -temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes > 10°C	C-D
c: verão curto e fresco	-temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C -temperaturas médias do ar > 10°C durante menos de 4 meses -temperatura média do ar no mês mais frio > -38°C	C-D
d: inverno muito frio	-temperatura média do ar no mês mais frio < -38°C	D
h: seco e quente	-temperatura média anual do ar > 18°C -deserto ou semi-deserto quente	B
k: seco e frio	-temperatura média anual do ar < 18°C -deserto ou semi-deserto frio	B

Após a definição do número de casos de estudo, e de um primeiro filtro de seleção, iniciou-se o processo de colocar os módulos nos lugares selecionados.

Desde logo, por uma questão de proximidade geográfica e por uma questão óbvia de afetividade, decidiu-se implantar um módulo em Portugal. Pelo facto de a empresa que está a conceber o módulo habitacional ser de Viana do Castelo, este local surge como ideal para conceber um showroom. Este local enquadra-se no grupo climático C que, mais especificamente, corresponde à classificação climática Csb.

De seguida, procurou-se localizar o módulo de forma a explorar o seu carácter pré-fabricado e a habilidade deste poder ser facilmente desmontado e transportado. Assim assumiu-se que se colocaria um dos módulos numa área protegida. Investigando sobre esta temática, constata-se que existe um sistema de categorias de gestão de áreas protegidas que está amplamente difundido e é aceite como regra pelas Nações Unidas. O Sistema IUCN de

Categorias de Gestão de Áreas Protegidas é um conjunto de normas desenvolvidas pela IUCN, União Internacional para a Conservação da Natureza, com o objetivo de definir uma categorização, registo e classificação de áreas protegidas de forma lógica.

Para tal existem seis categorias distintas, designadas de I a VI, definidas de acordo com as suas características e com os objetivos de gestão determinados para cada uma delas. Destas a categoria I, referente às reservas naturais, é subdividida em duas subcategorias (ver Quadro 4).

Temos assim a seguinte classificação²⁷:

Tabela 6 - Sistema IUCN de Categorias de Gestão de Áreas Protegidas

Categorias de áreas protegidas do sistema IUCN		
Categoria	Designação	Características e objetivos
Reserva natural		
I a	Reserva natural integral	Área de terra ou mar que detêm um ecossistema excecional ou representativo das condições específicas da região biogeográfica. Conserva características geológicas ou fisiológicas ou espécies de interesse primário para a conservação da biodiversidade. São zoas disponíveis apenas para o seu estudo científico ou seguimento ambiental mas onde a presença humana é fortemente condicionada ou em alguns casos interdita.
I b	Reserva natural	Área de terra ou mar sem modificações ou apenas com pequenas modificações pela ação do Homem. Mantém o seu carácter natural e são geridos e protegidos de maneira a preservar a esta condição. O acesso humano é pouco ou inexistente.
Parque nacional		
II	Parque nacional	<p>Área natural extensa de terra ou mar de grande relevância para a conservação da natureza e da biodiversidade. Destina-se a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Proteger a integridade ecológica de um ou mais ecossistemas para as gerações presentes e futuras; 2) Excluir a exploração ou ocupação não ligadas à proteção da zona; 3) Providenciar as bases para que os visitantes possam fazer uso educacional, lúdico ou científico de forma compatível com a conservação da natureza;

²⁷ Dudley, Nigel (ed.). *Guidelines for Applying Protected*. Gland, Switzerland: IUCN, 2008.

Monumento natural		
III	Monumento natural	Área que contém um ou mais lugares de valor e importância natural ou cultural excecional devido a sua raridade, qualidades estéticas ou significado cultural.
Área protegida para gestão de habitats ou espécies		
IV	Área protegida para gestão de habitats ou espécies	Área de terra ou mar sujeita a medidas ativas de gestão e intervenção com propósitos de gestão para preservar a manutenção de habitats ou para satisfazer objetivos e necessidades específicos de conservação de determinada espécie ou espécies
Paisagem protegida		
V	Paisagem protegida	Paisagem de terra, costa ou mar onde a interação das pessoas com a natureza através do tempo tem produzido uma área de caráter distinto com grande valor estético, ecológico ou cultural. Frequentemente dotadas de diversidade biológica estas zonas necessitam da preservação da interação tradicional existente.
Área protegida para gestão de recursos		
VI	Área protegida para gestão de recursos	Área que contém sistemas naturais sem modificação, geridos para garantir a proteção a longo prazo da biodiversidade e para manutenção de um fluxo sustentável de produtos e serviços necessários para satisfazer as necessidades socioeconómicas das regiões circundantes.

Perante estas categorias e respetivas características, decidiu-se implantar o caso de estudo numa área de categoria II. Esta escolha deve-se essencialmente ao facto de a categoria em causa ser bastante restritiva, o que obriga a um cuidado extra na fase do projeto de compatibilização do módulo pré-fabricado com o local. Em contrapartida esta área tem como um dos objetivos “ providenciar as bases para que os visitantes possam fazer uso educacional, lúdico ou científico de forma compatível com a conservação da natureza”²⁸ o que fundamenta a necessidade de criação de infraestruturas de apoio que sejam delicadas para com a natureza.



Figura 52 - Mapa-mundo com as zonas de categoria II

²⁸ Citação da tabela *Categorias de áreas protegidas do sistema IUCN*

A escolha recaiu então em colocar o caso de estudo no Japão devido à tradição deste país na relação cuidada com a natureza²⁹ e à tradição ancestral do uso da madeira. Paralelamente, é um país interessante do ponto de vista económico e representa um mercado pouco explorado pelas empresas portuguesas. Procurando todas as zonas protegidas da categoria II, excluindo os locais de clima C utilizadas anteriormente, o Nikko National Park, nas imediações de Tóquio, destacou-se como uma localização interessante. Este destaca-se por conter uma vegetação de folha caduca assinalável, por inscrever o lago Chūzenji sendo património da UNESCO pelos seus templos e santuários. Está assim encontrado o segundo local e, consequentemente, o segundo grupo climático, clima D, mais concretamente Dfb.

Analisando o clima E, constata-se que apesar de em termos de área incluir muito território, é bastante inóspito e os locais de fixação humana são, por isso, mais reduzidos. De entre os locais com esta classificação climática, a Noruega. É um país evoluído, com o terceiro produto interno bruto (PIB) *per capita* mais elevado³⁰ e onde a tradição do uso de madeira na construção é enorme. A juntar a estas características, é de salientar que representa um mercado apetecível para as indústrias portuguesas ainda pouco explorado. Todavia, nem todo o território da Noruega é de classificação E o que fez com que a escolha da cidade fosse relativamente fácil: Bergen, que no caso é de classificação climática ET. Esta escolha definiu-se rapidamente pois dentro da área de influência de classificação E é a maior cidade, e a segunda maior cidade do país.

No que toca à classificação climática B, de entre os países que abrangidos por este critério de seleção, decidiu-se optar por Moçambique. Esta escolha deve-se ao facto de se tratar de um país em desenvolvimento e, como tal, apelativo para as indústrias exportadoras. A somar a este fator, destaca-se a necessidade habitacional deste país, onde 60% das habitações são precárias³¹. Escolhido o país, foi relativamente fácil encontrar a cidade pois apenas uma pequena porção de Moçambique se enquadra na classificação climática pretendida. Assim, de entre esta zona de classificação B, escolheu-se a cidade com mais população, a cidade de Tete. O local é uma parte da cidade, de crescimento informal e habitação precária, que se chama Matundo.

²⁹ Taut, Bruno. *Fundamentals of Japanese architecture*. Kokusai bunka shinkokai (The Society for International Cultural Relations), 1936.

³⁰ Dados da avaliação de 2011 do Fundo Monetário Internacional (FMI)

³¹ redação. "Cerca de 60% das habitações em Moçambique são precárias." *O País online*. 31 de Maio de 2013. <http://www.opais.co.mz/index.php/economia/38-economia/25619-cerca-de-60-das-habitacoes-em-mocambique-sao-precarias.html> (acedido em 05 de Agosto de 2013).

Após esta primeira fase de seleção fortemente condicionada por parâmetros climatéricos, decidiu-se usar fatores socioeconômicos como filtro de seleção. Desta forma, e tendo em conta que se trata de um produto com objetivos comerciais, selecionou-se como um outro local de implantação um país de economia emergente.

O Brasil pelo fenômeno da desfavelização que apresenta³², da saída de pessoas das favelas cujo nível de vida subiu devido a crescimento econômico do país, torna-se um local interessante. Adicionalmente, é preciso notar que o Brasil, juntamente com o México, é o país com maior déficit de habitação em números absolutos, no qual 33% dos habitantes do país está sem abrigo ou vive em casas sem as mínimas condições de habitabilidade³³. No que toca à cidade, optou-se Rio de Janeiro pois este, apesar de ser o centro econômico do país, é o estado com o segundo maior déficit habitacional do Brasil, apenas suplantado pelo estado de São Paulo³⁴.

Analisando os bairros de classe média-baixa existentes no Rio de Janeiro, escolheu-se aquele com maior potencial em termos de território disponível para construção - o bairro do Maracanã.

³² Moura, Patrícia Fabiana. "DA FAVELA AO RESIDENCIAL: Reassentamentos populares e modos de vida." Trabalho de Conclusão de Curso, Belo Horizonte, 2010.

³³ Bouillon, César. "Latin America and the Caribbean face large and growing housing deficit, IDB study says." *Inter-American Development Bank*. 14 de Maio de 2012. <http://www.iadb.org/en/news/news-releases/2012-05-14/housing-deficit-in-latin-america-and-caribbean,9978.html#UkF2qYasiSo> (acedido em 15 de Maio de 2013).

³⁴ Salatie, José Renato. "Déficit habitacional: Brasil precisa de quase 8 milhões de moradias." *UOL*. 14 de Setembro de 2012. <http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/deficit-habitacional-brasil-precisa-de-quase-8-milhoes-de-moradias.htm> (acedido em 20 de Maio de 2013).

Ficam assim definidos os cinco locais de estudo que irão permitir explorar de forma concreta a articulação entre a pré-fabricação e as características do lugar. São eles:

- A – Rio de Janeiro (Brasil)
- B – Tete (Moçambique)
- C – Viana do Castelo (Portugal)
- D – Nikko National Park (Japão)
- E – Bergen (Noruega)

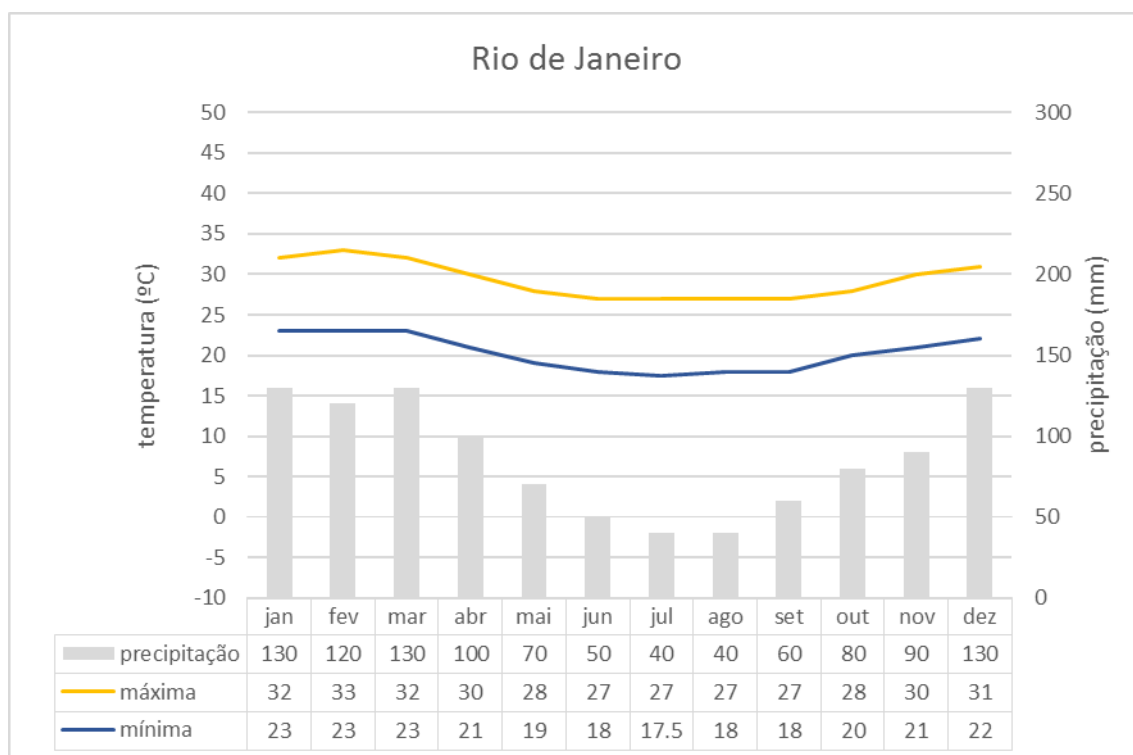
Projetos

A – Rio de Janeiro (Aw)

O local escolhido de clima A foi a cidade do Rio de Janeiro, mais especificamente o bairro do Maracanã. Esta escolha deve-se ao atual paradigma socioeconómico do Brasil em que, face ao crescente nível de vida, a população está a abandonar as habitações precárias, migrando para locais com melhor qualidade de vida. Daí a escolha ter recaído sobre este bairro por se tratar de um bairro de classe média e, seguindo o paradigma atual, um bairro em evolução.

Em termos climáticos, o Rio de Janeiro encontra-se localizado numa zona de classificação Aw que se refere a zonas de clima tropical onde ocorrem chuvas de verão, também designado como clima tropical com estação seca (no inverno). É caracterizado por ser um clima seco, onde a precipitação média do mês mais seco é inferior a 60mm. É, por definição, um clima megatérmico, onde a temperatura média do mês mais frio do ano é superior a 18°C (ver Gráfico 1). Como tal é imperativo que medidas de sombreamento e de ventilação sejam levadas em consideração tendo em vista uma boa habitabilidade do edifício, medidas a abordar em detalhe com o desenrolar da descrição do projeto.

Gráfico 1 - Temperatura e precipitação anual na cidade do Rio de Janeiro, Brasil³⁵



³⁵ Dados retirados de <http://www.weatherbase.com/>

O local de implantação escolhido é caracterizado por ser de topografia plana, limitado a Noroeste por uma avenida de trânsito rápido, a Nordeste pela lateral de edifícios de escala reduzida, a Sudeste por uma rua de carácter habitacional e a Sudoeste pela lateral de edifícios de escala reduzida. Contudo, apesar de os limites imediatos não serem de grande escala, existem na proximidade edifícios de escala considerável que influenciam, por exemplo, as zonas de sol e sombra do local de implantação, aspeto que é tido em consideração no momento de projeto.

Perante a avenida de trânsito rápido, houve a necessidade de controlar o ruído e o desconforto a ele associado. Paralelamente, foi assumido como pressuposto da proposta a vontade em providenciar zonas sociais para aquilo que se denomina como sendo um condomínio fechado, pela tradição que existe nesta zona deste tipo de abordagens. Somando estas duas premissas tinha-se o conceito inicial de ação perante o local de implantação. Decidiu-se assim conceber um muro que fizesse frente à avenida e movemos as terras do centro do local contra esse muro, providenciando a tal massa que irá funcionar como barreira ao ruído. Em contrapartida criou-se um vazio no centro do terreno que se queria que funcionasse como zona de carácter social de convívio entre os habitantes.

Face a esta modelação do terreno houve a necessidade de estabelecer alguns constrangimentos. Decidiu-se assim manter as árvores existentes e uma zona de nível com a cota de entrada da rua a sudeste. Estas duas variáveis, somadas à necessidade de levar o terreno até à cota do muro e à criação de um vazio central acabou por determinar com certa facilidade o novo desenho topográfico do local.

Perante este vazio central os módulos habitacionais ficam suspensos, elevados do chão, garantindo que a zona social seja sombreada e garantindo também privacidade perante áreas vizinhas.

Em termos da implantação dos módulos, estes partiram das nuances topográficas que foram projetadas em função dos critérios já descritos. Como tal começamos por colocar dois módulos mais próximos da árvore a Sudoeste, com as respetivas entradas no nível que foi criado a partir da cota da rua, pois era a zona de terreno que estava mais consolidada em termos formais. A relação entre estes módulos é feita na diagonal, onde ambos se afastam um do outro à medida que avançam sobre o vazio central. Este afastamento permite orientar aberturas sem que estas choquem nos módulos vizinhos. Os restantes módulos seguiram a mesma lógica: colocação da entrada na zona de nível que foi criada e projeção do elemento sobre o vazio, sempre com uma

direção distinta do módulo vizinho por forma a conseguir-se desenhar aberturas cujo raio de visão não embata diretamente nos módulos adjacentes.

A somar a isto foi desenhada uma zona pedonal que vem desde a cota da rua até ao módulo mais a Norte, a partir do qual se fazem as já referidas entradas. Projetou-se também acessos ao vazio central que tomaram a forma de escada e rampa, bem como o parque automóvel para os habitantes e visitas que fica logo à entrada do empreendimento.

Devido a questões óbvias de planificação de trabalho, optou-se por escolher apenas um dos módulos habitacionais para ser trabalhado ao nível da sua "pele". Tendo em consideração o local e as condicionantes climáticas para as quais se estava a projetar chegou-se à conclusão que uma das maiores agressões ao revestimento seria o sol, e o desgaste que este provoca nos revestimentos em madeira. O conceito do revestimento parte assim deste conhecimento, e o que se pretende fazer é uma mistura de tons de madeira que estejam relacionados com as zonas de sol e sombra projetadas na fachada do módulo. Como tal, decidiu-se fazer um estudo solar em planta de maneira a identificar o módulo que suscitava mais variáveis.

Começou-se por analisar o comportamento das sombras no local, tendo em consideração a envolvente próxima e decidiu-se escolher como dias de estudo os solstícios de verão e inverno e os equinócios da primavera e outono. Em termos de horário os desenhos compilam as sombras das 8h, 10h, 12h, 14h e 16h.

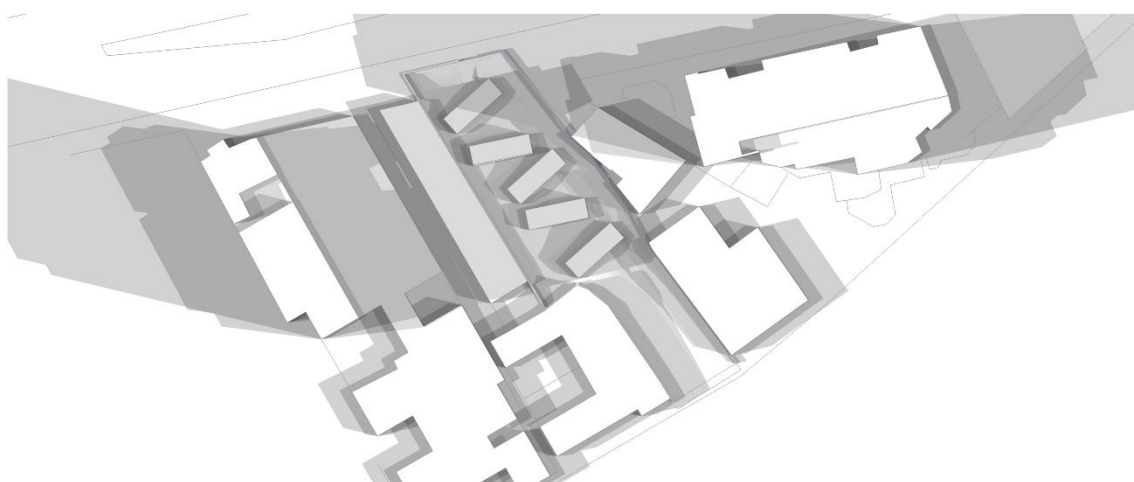


Figura 53 - Solstício de Verão (hemisfério sul), 21 de Dezembro

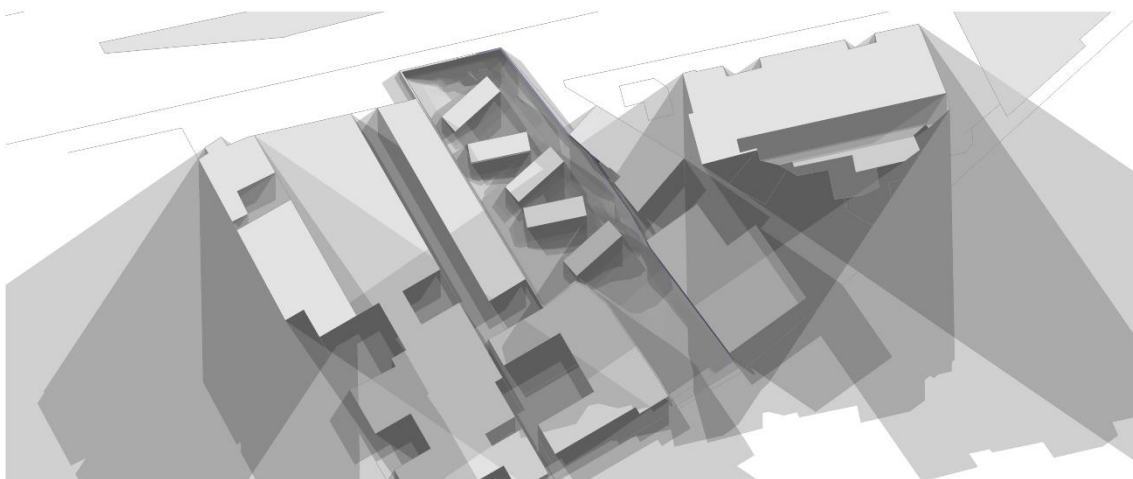


Figura 54 - Solstício de Inverno (hemisfério sul), 21 de Junho

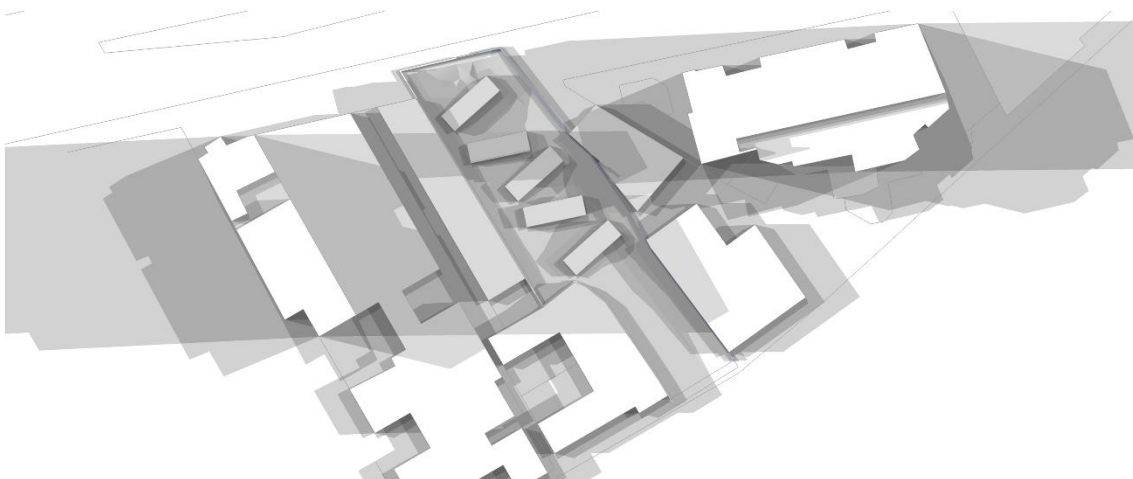


Figura 55 - Equinócio da Primavera (hemisfério sul), 21 de Setembro

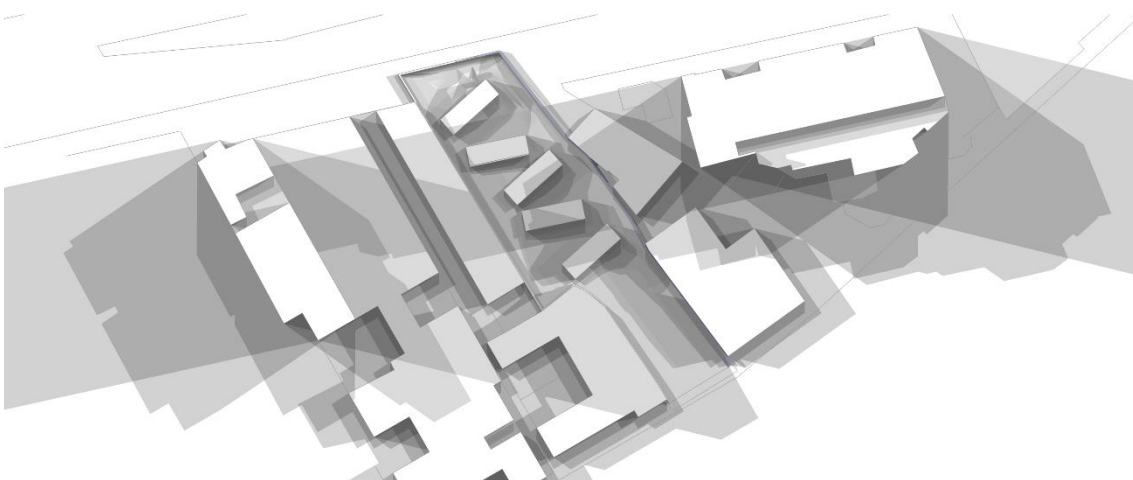


Figura 56 - Equinócio da Outono (hemisfério sul), 21 de Março

Contudo esta análise foi inconclusiva para o objetivo que se esperava alcançar. Assim sendo decidiu-se agrupar as sombras por horas, ou seja, por exemplo, colocar as 4 sombras das

8h da manhã num só desenho. Neste exercício já se conseguiu identificar módulos que sofriam variações mais interessantes e consequentemente foi possível identificar o módulo para estudo.

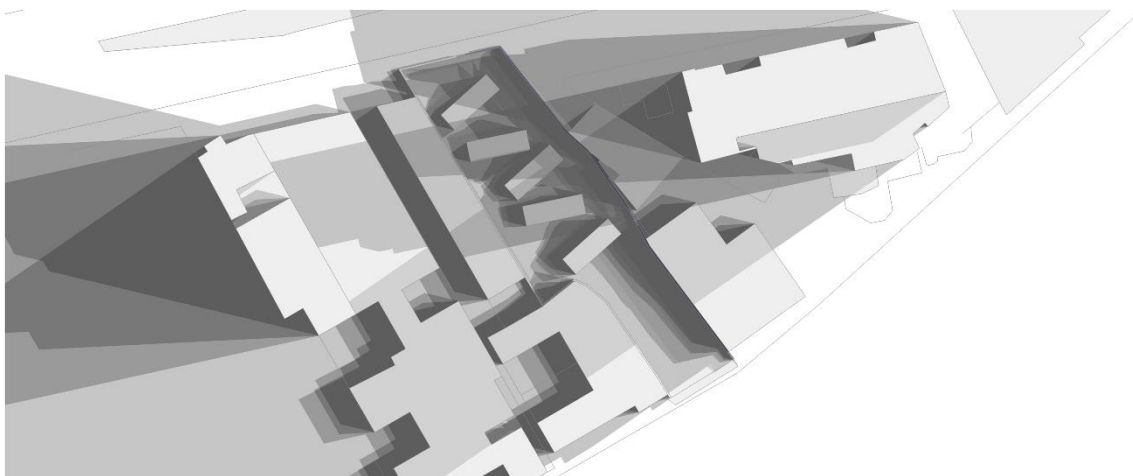


Figura 57 - 8h

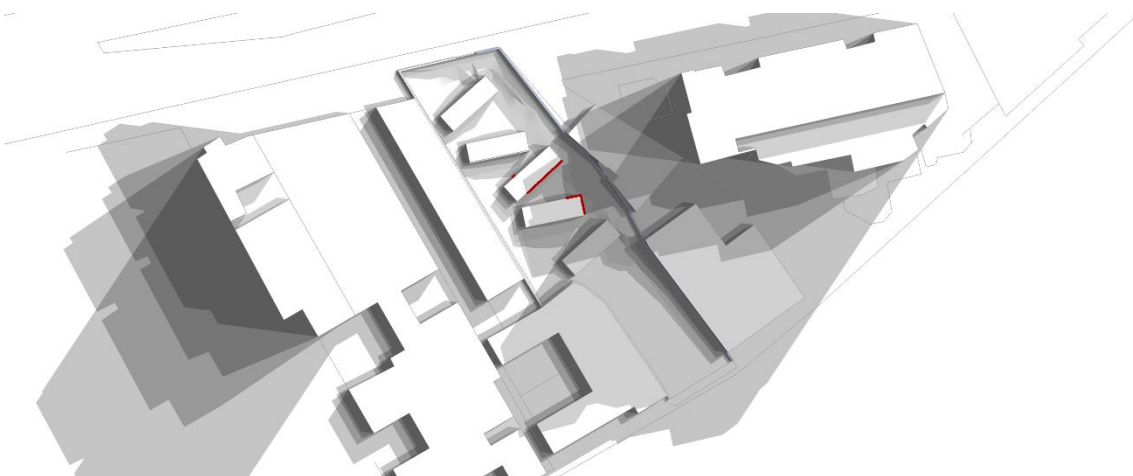


Figura 58 - 10h

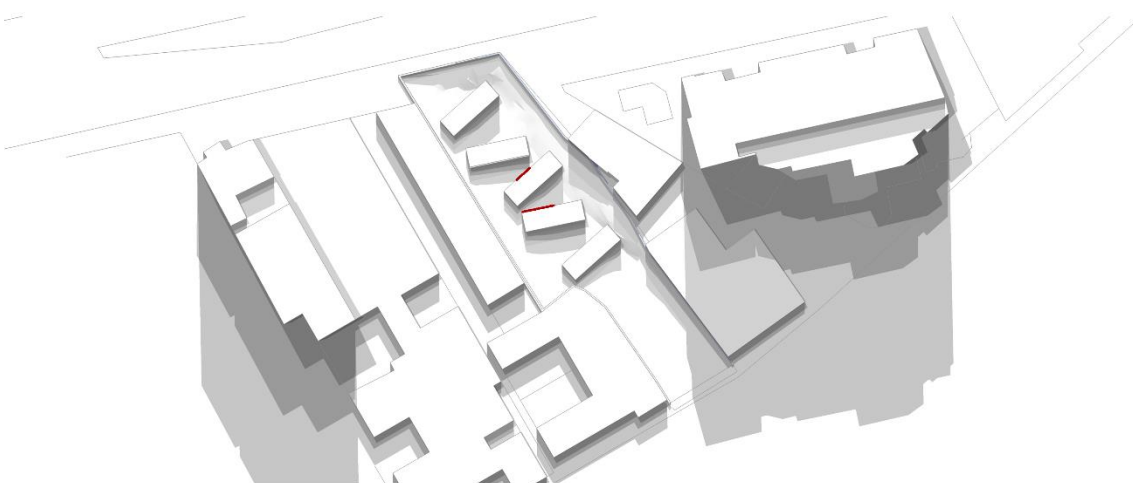


Figura 59 - 12h

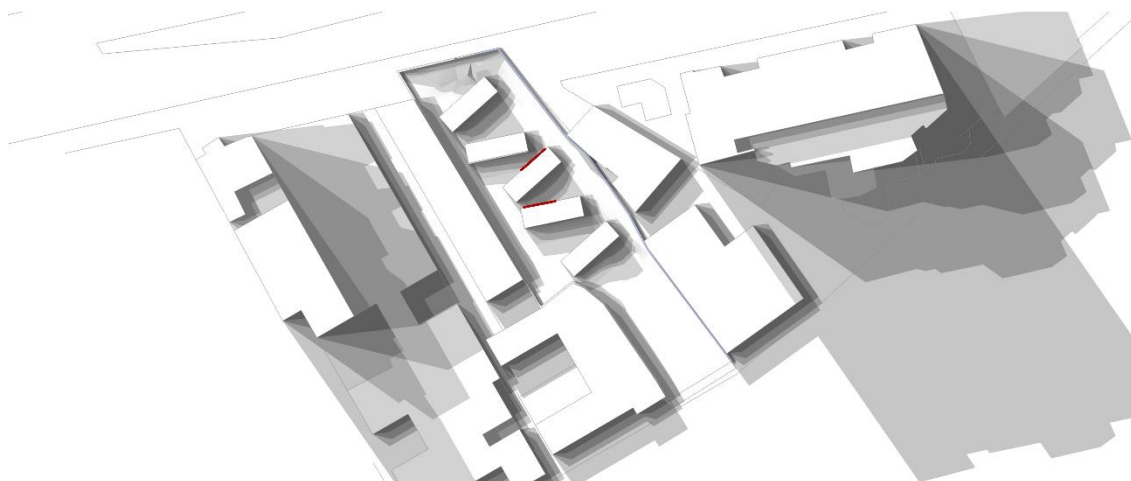


Figura 60 - 14h

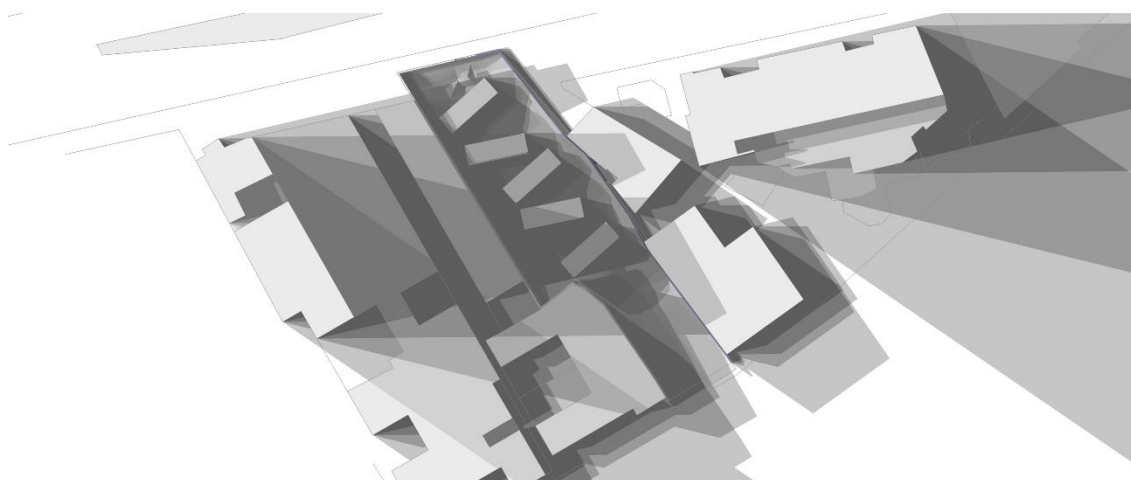


Figura 61 - 16h

Como se conseguiu estabelecer com esta última análise os módulos que estão sujeitos a variações mais interessantes são o módulo 2 e o módulo 3 (a contar da entrada), sendo que módulo 2 é aquele que apresenta áreas de maior variabilidade e consequentemente é o módulo escolhido para o caso de estudo do clima em causa.

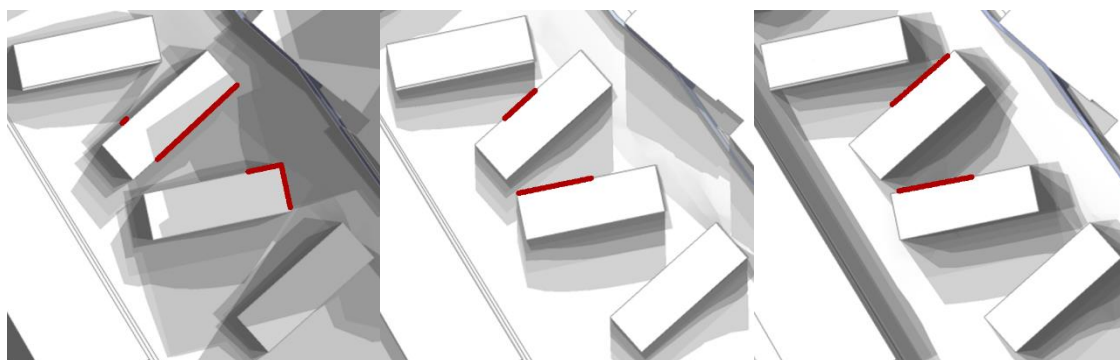


Figura 62

Após a definição do módulo a trabalhar partiu-se para o desenho das aberturas. Para estas considerou-se a posição do módulo na sua relação com a envolvente próxima, tentando que o campo de visão das janelas desenhadas não esbarrasse completamente nos módulos adjacentes. Considerou-se também os ventos dominantes de forma a potenciar a capacidade destes intervirem na qualidade de habitabilidade do módulo.

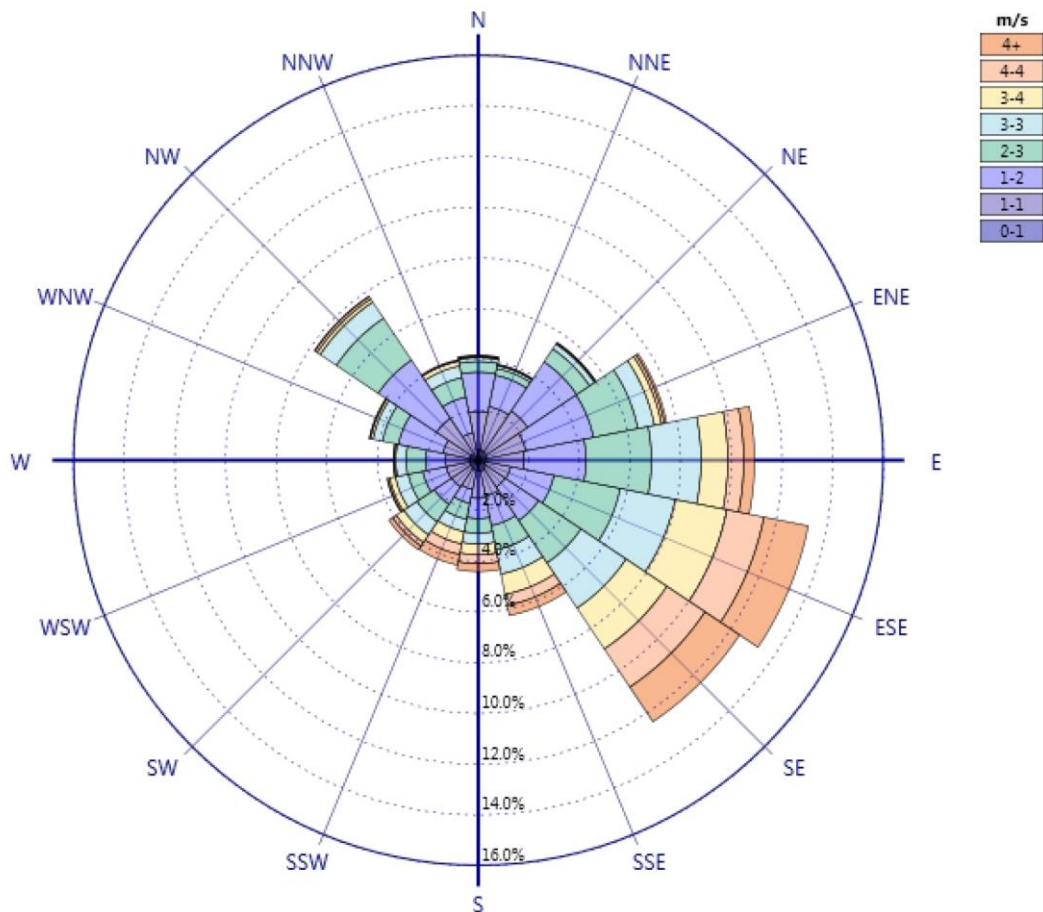


Figura 63 - Ventos dominantes, Rio de Janeiro

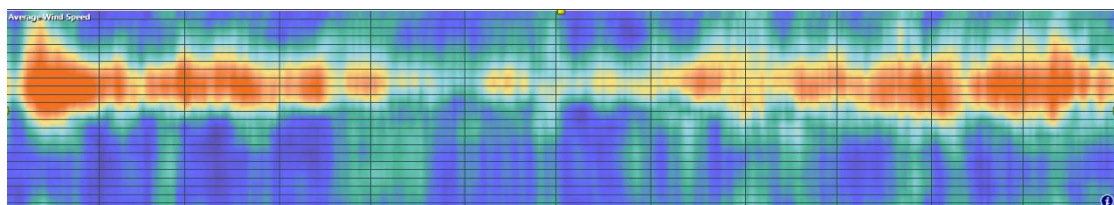


Figura 64 - Intensidade dos ventos por mês, Rio de Janeiro³⁶

³⁶ Imagem e dados retirados do Autodesk Vasari

Tendo em consideração estes fatores realizaram-se as seguintes aberturas:

Uma abertura a Oeste que funciona como porta de entrada, uma abertura a Este que ocupa toda a largura disponível e uma abertura a norte. Devido à presença de uma árvore junto da abertura a Oeste, esta não necessita de sombreamento, ao contrário das restantes aberturas que necessitam de sombreamento. Na abertura a Este existe uma portada que abre para fora e para a esquerda. Isto acontece com o intuito de aproveitar os ventos dominantes e forçar assim a utilização deste elemento. O objetivo é que, por meio de ricochete, o vento seja encaminhado para o interior do módulo, nas alturas em que este precisa ser ventilado e refrescado. Com este intuito, de tornar a habitação mais fresca, projetou-se uma cobertura ajardinada, ajudando a que, de uma forma passiva, se consiga controlar a temperatura interior.

No que toca a sombreamentos foi, obviamente, considerava a carta solar do Rio de Janeiro. Com recurso a esta definiu-se a dimensão da pala que protege a abertura a Norte.

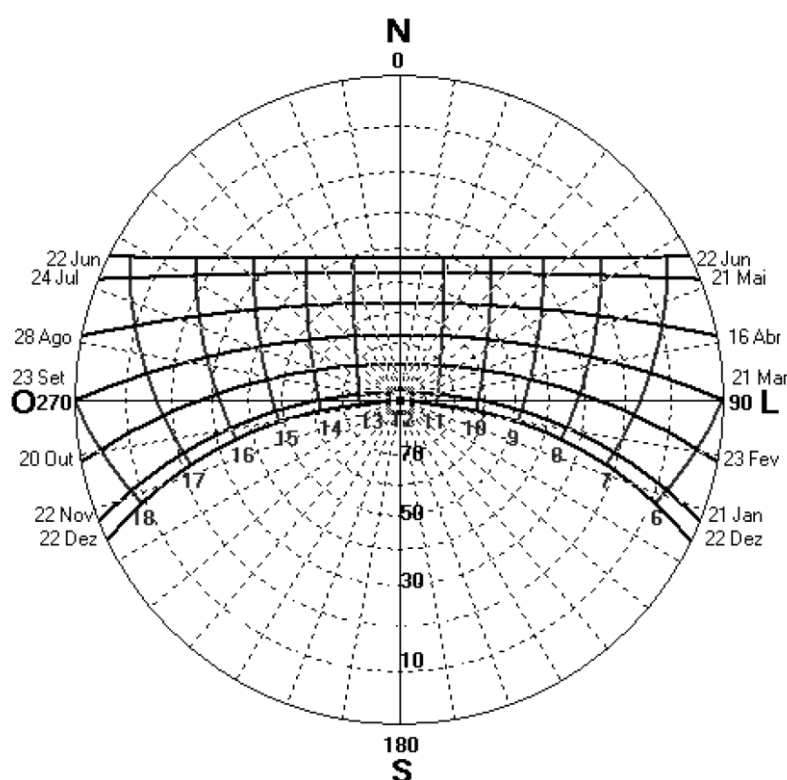


Figura 65 - carta solar (Rio de Janeiro)

Assim, considerou-se que seria pertinente proteger esta abertura no período mais quente do dia, entre as 9.30 e as 14.30 horas solares e, para tal, considerou-se um ângulo de 55° com o solo, valor que definiu a dimensão da pala. Por questões formais prolongou-se a pala até meio

da fachada a Este. As restantes aberturas são a Este e a Sul, pelo que se considerou dispensável a utilização de métodos de sombreamento nestes casos.

Tendo por base o conceito de revestimento que se pretende, um degrade que esteja articulado com as zonas de sombra e sol, sentiu-se a necessidade de fazer um estudo solar das sombras projetadas, mas desta vez no módulo tridimensional. Assim, apresenta-se agora uma série de imagens que representa as sombras projetadas ao longo do dia nos dias e horas que determinamos para o mesmo exercício em planta.

Figura 66

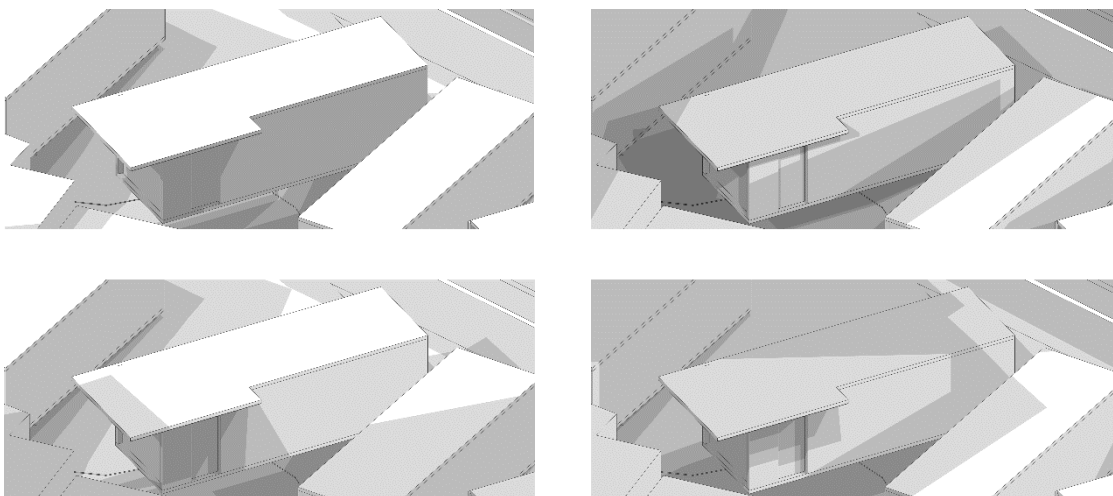
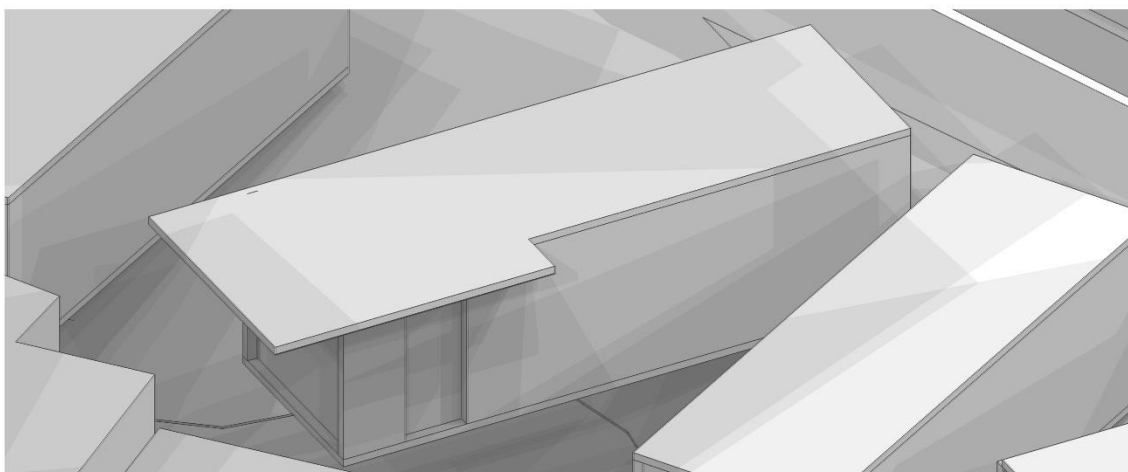


Figura 67

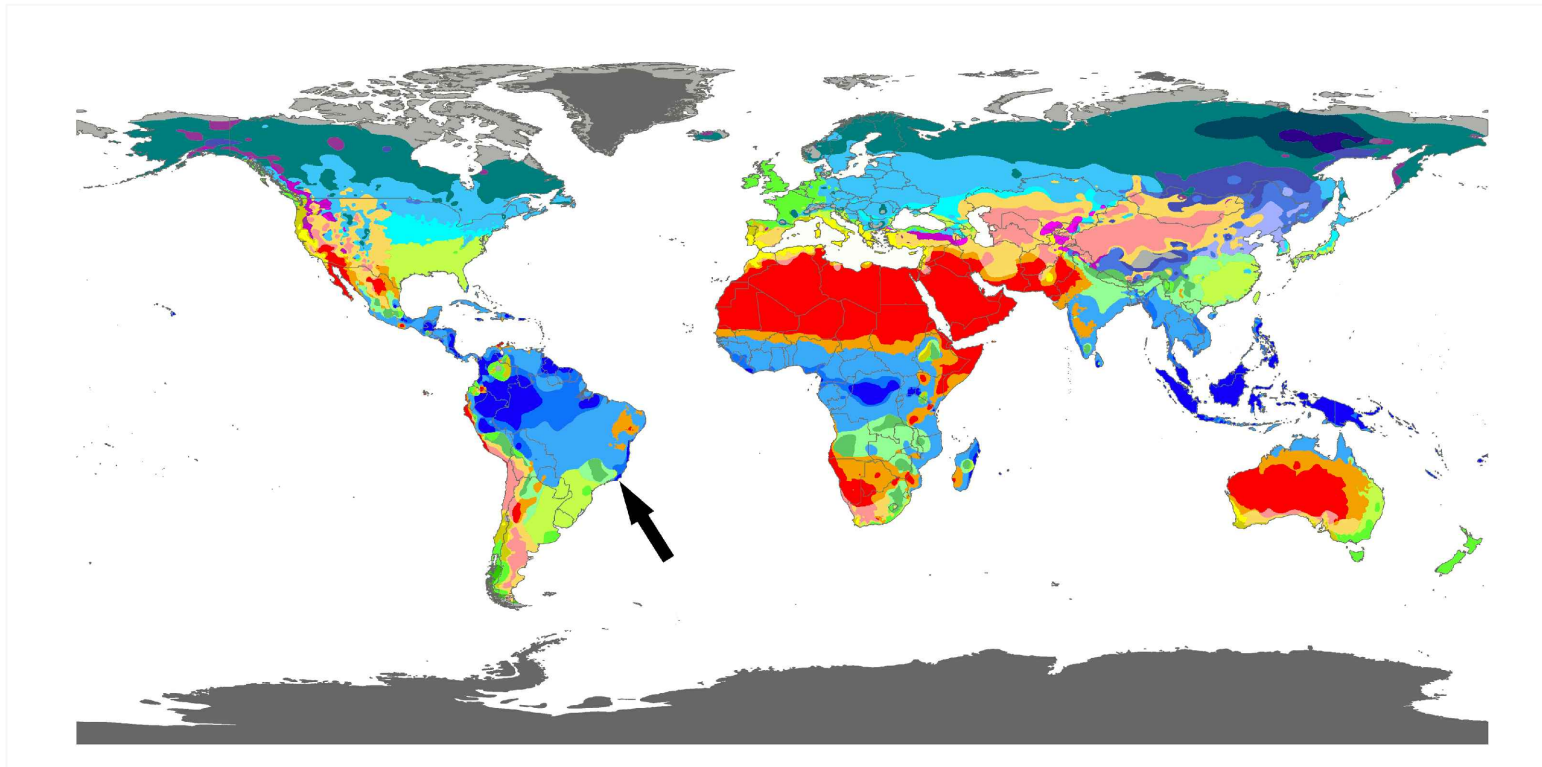


Através desta última perspetiva, onde estão sobrepostas todas as sombras estudadas anteriormente, é possível determinar o desenho da fachada, que tem uma relação clara com as nuances de sol e sombra.

A ideia passou, assim, por colocar elementos de madeira mais claros nas zonas mais expostas ao sol e colocar elementos mais escuros nas zonas tendencialmente em sombra, fazendo um degradê entre estes dois opostos (ver desenhos de projeto).

Em termos de remates optou-se por realizar os cunhais recorrendo ao remate em reentrância. Este consiste em terminar o revestimento imediatamente no fim do alçado, criando uma reentrância com o alçado perpendicular. Utilizam-se como acabamento dois elementos verticais de madeira que concretizam o remate.

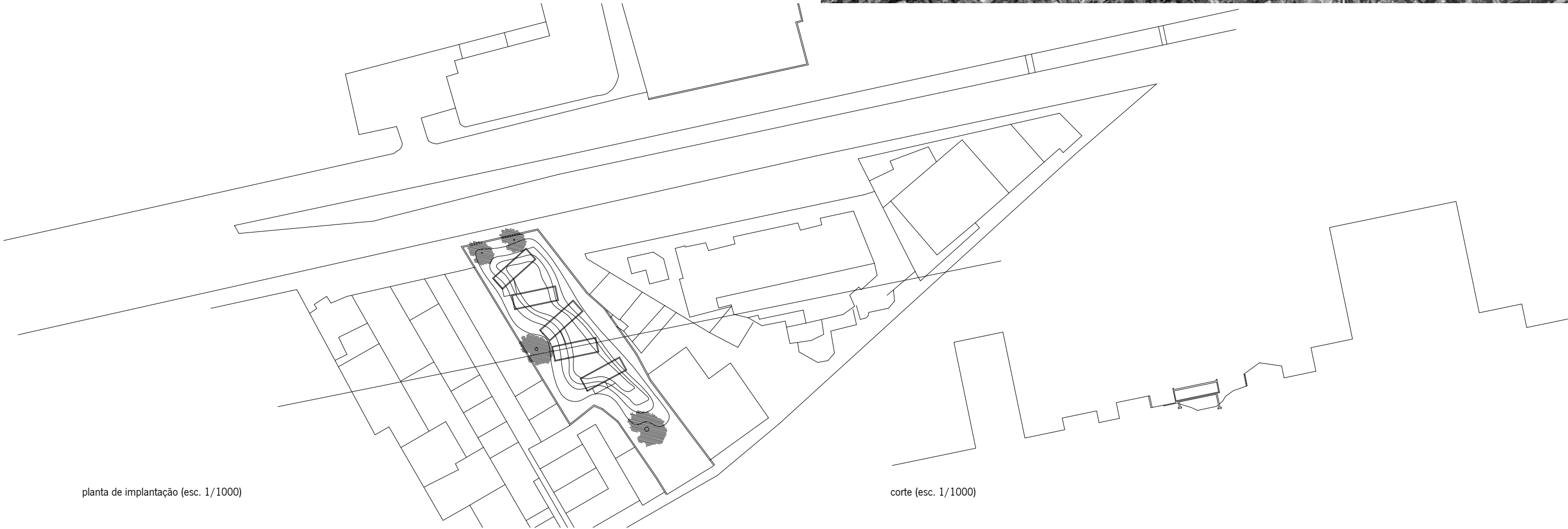
De seguida apresentam-se os desenhos necessários a uma melhor compreensão do projeto.



mapa climático

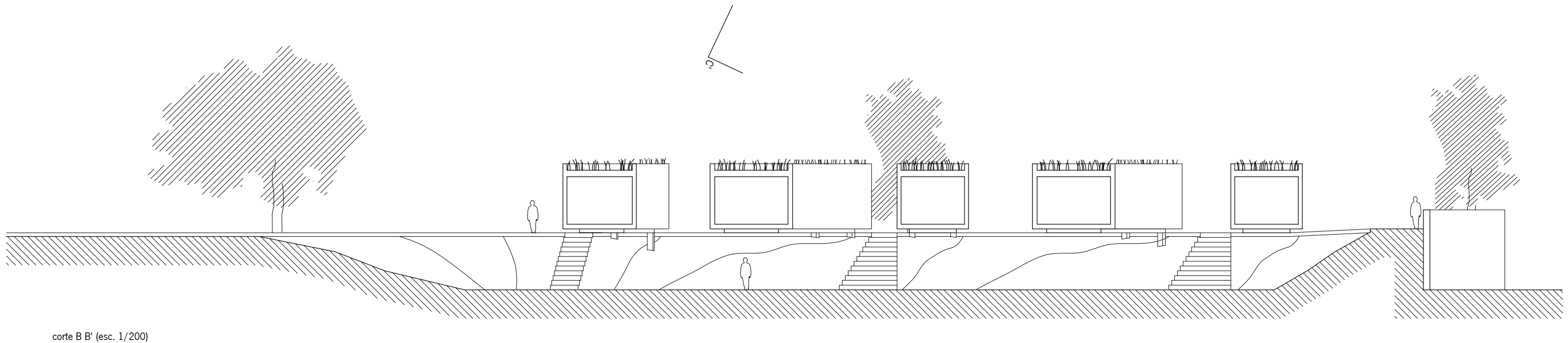
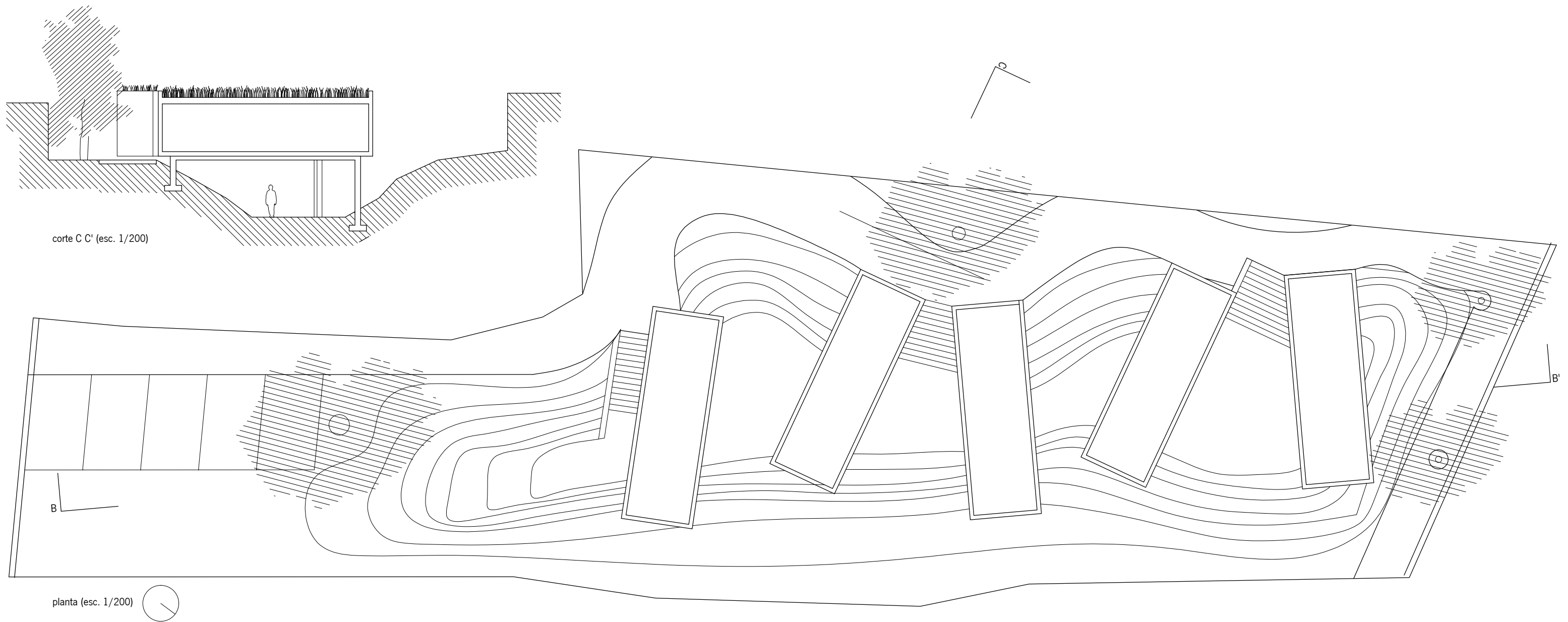


vista aérea (esc. 1/10000)

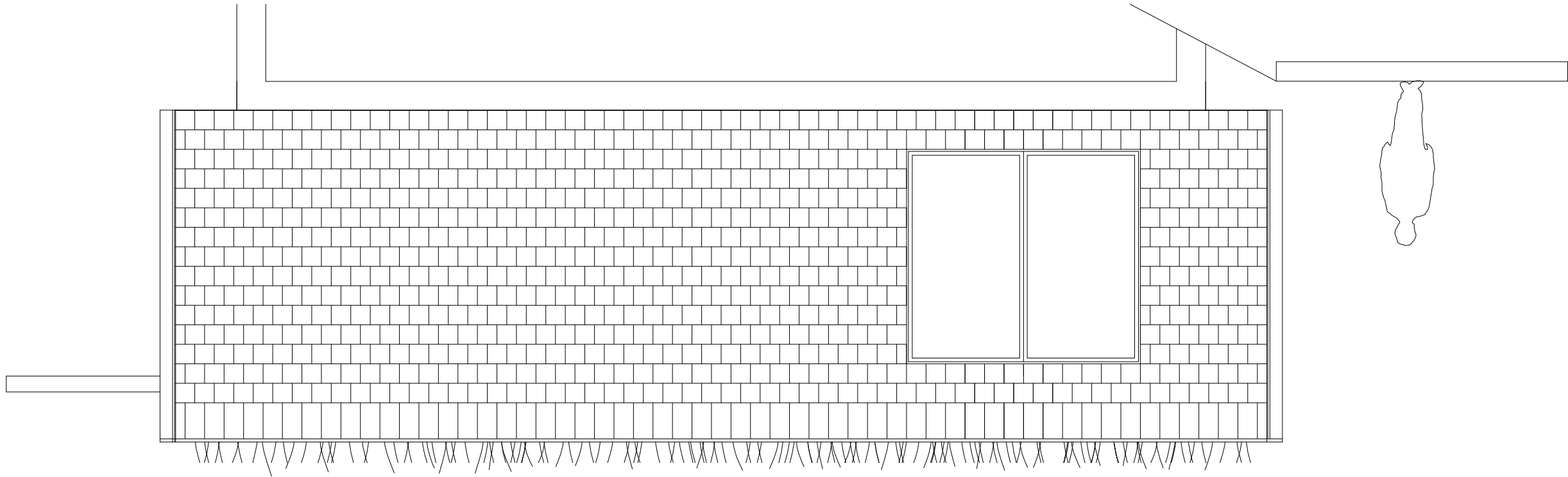


planta de implantação (esc. 1/1000)

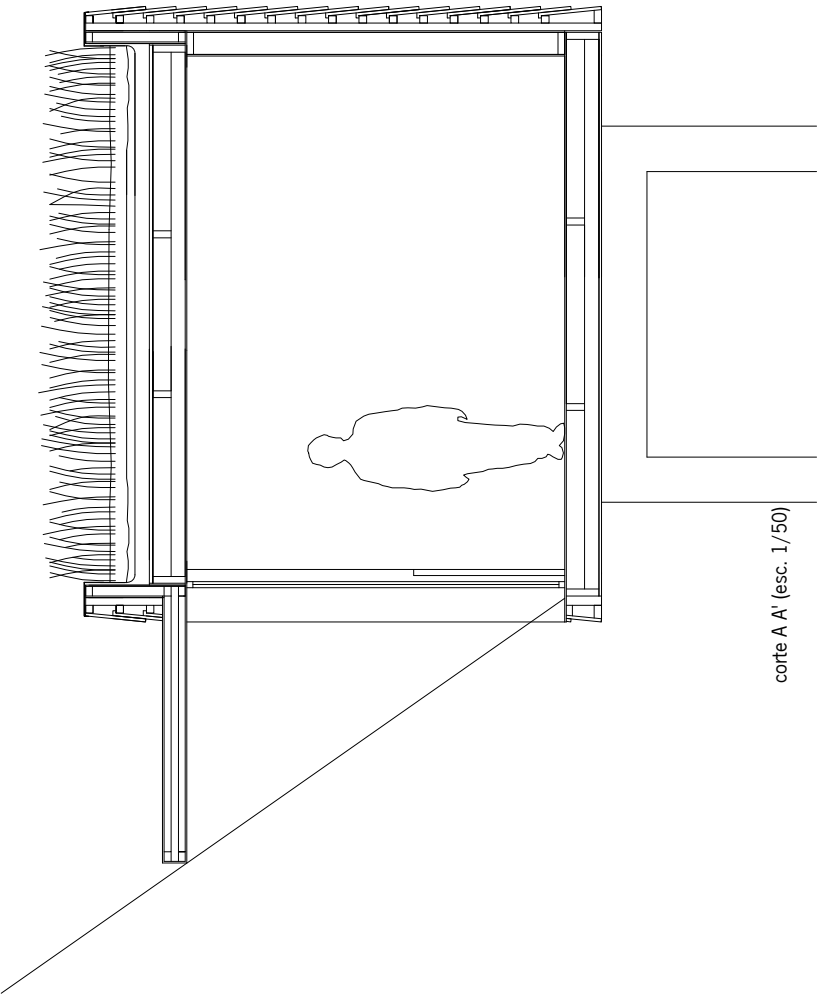
corte (esc. 1/1000)



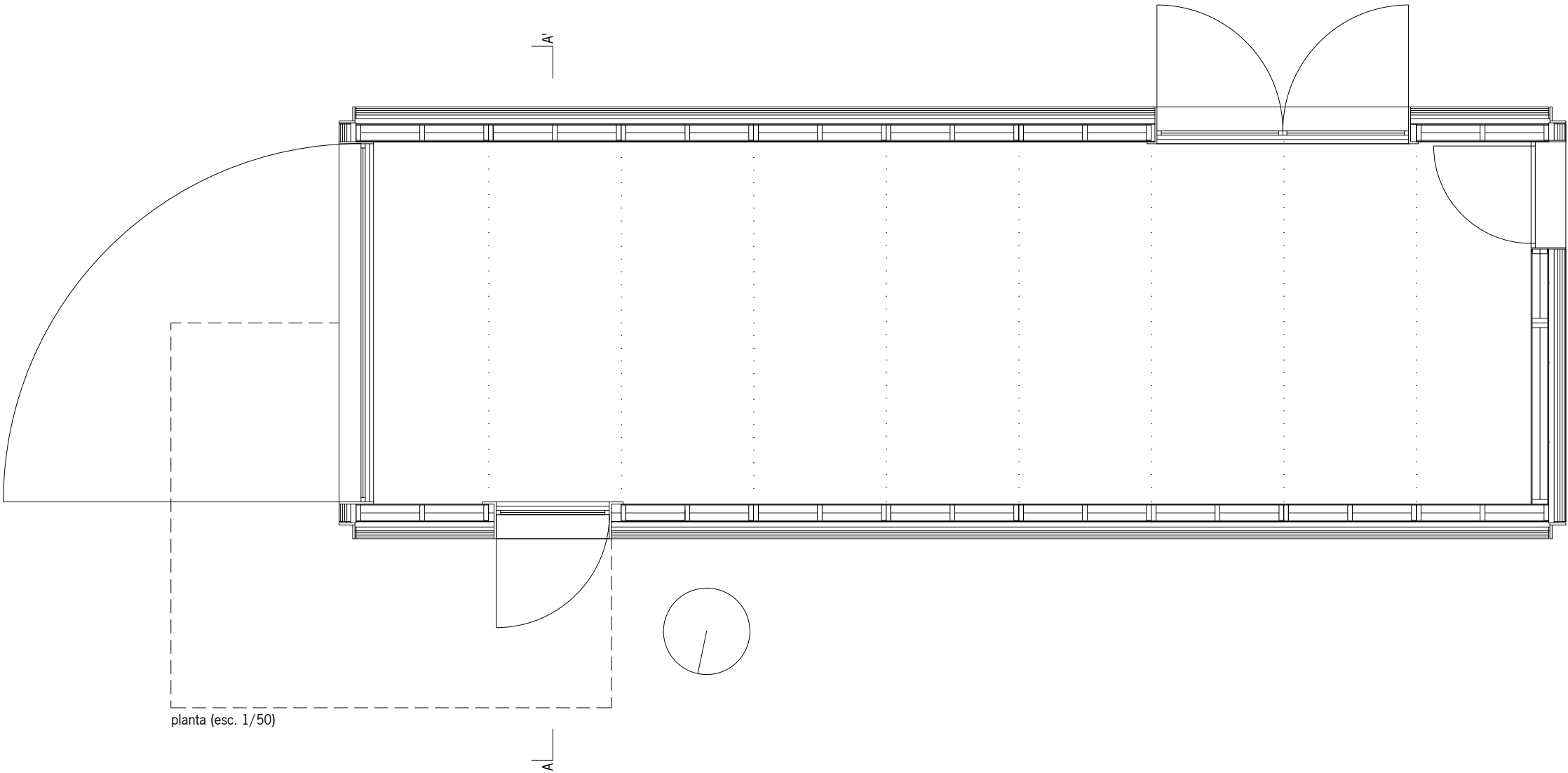
alçado norte (esc. 1/50)

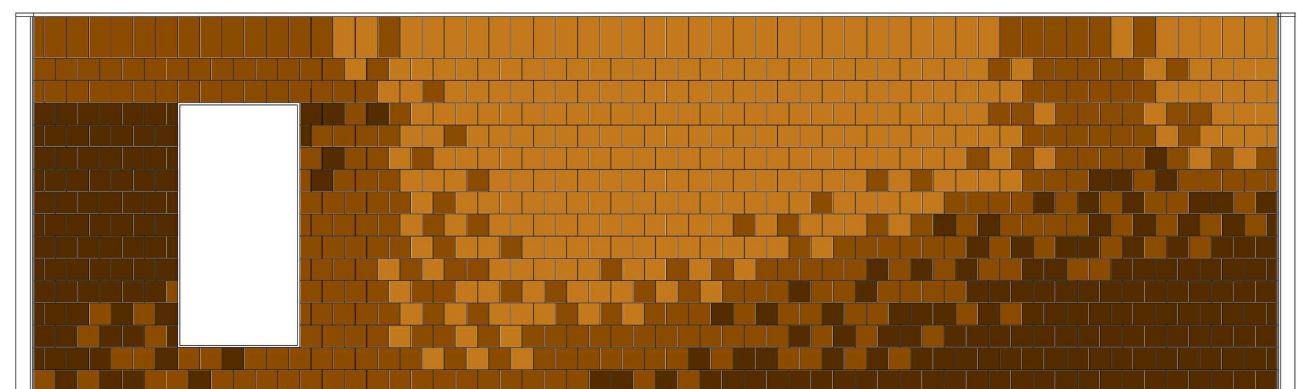
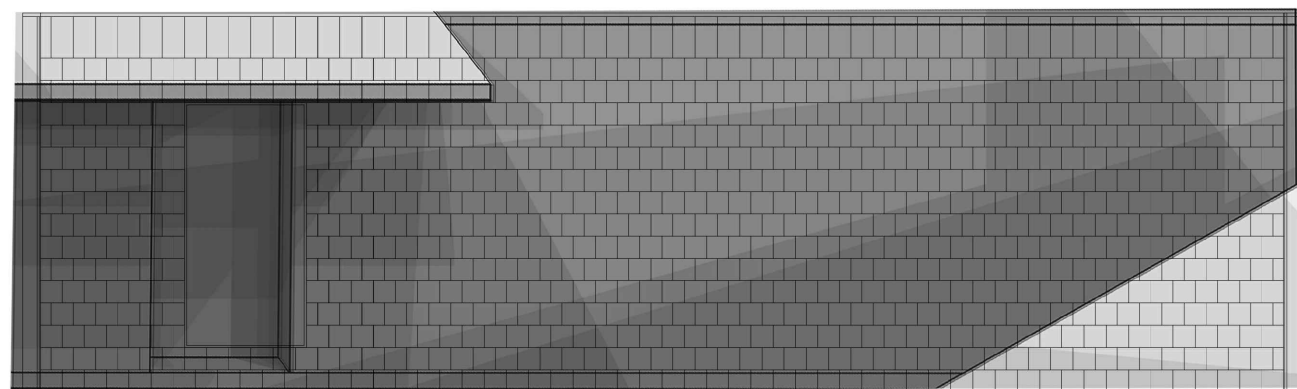
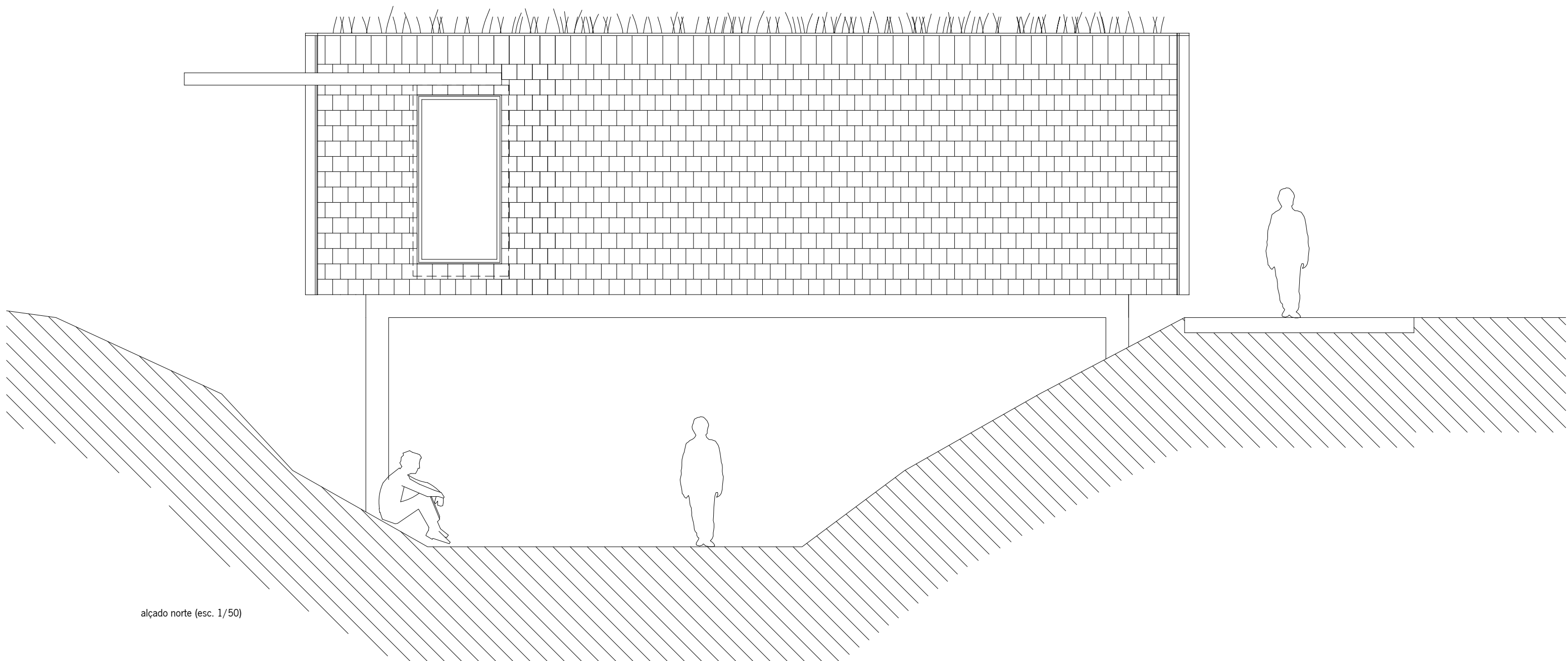


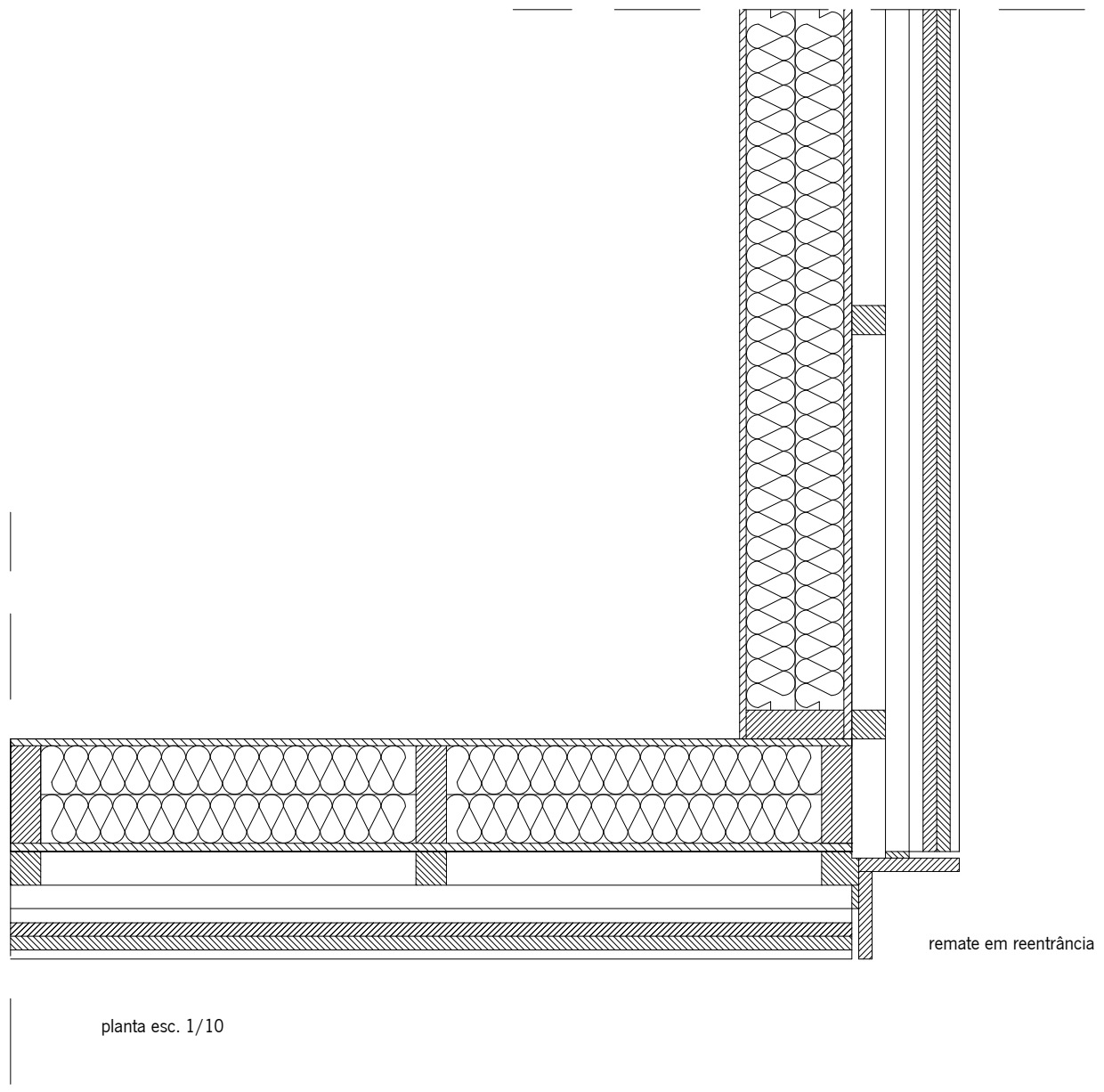
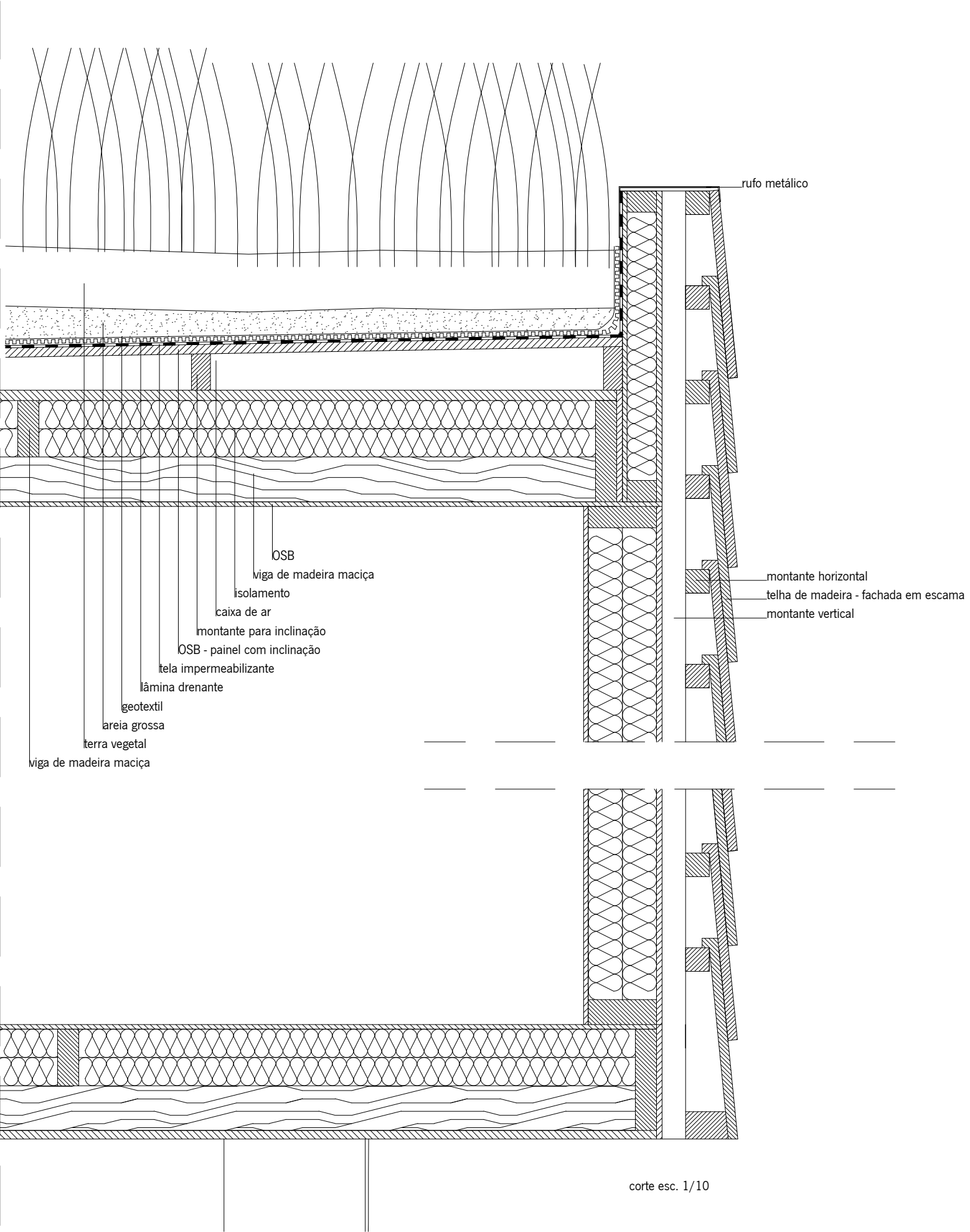
corte A A' (esc. 1/50)



planta (esc. 1/50)







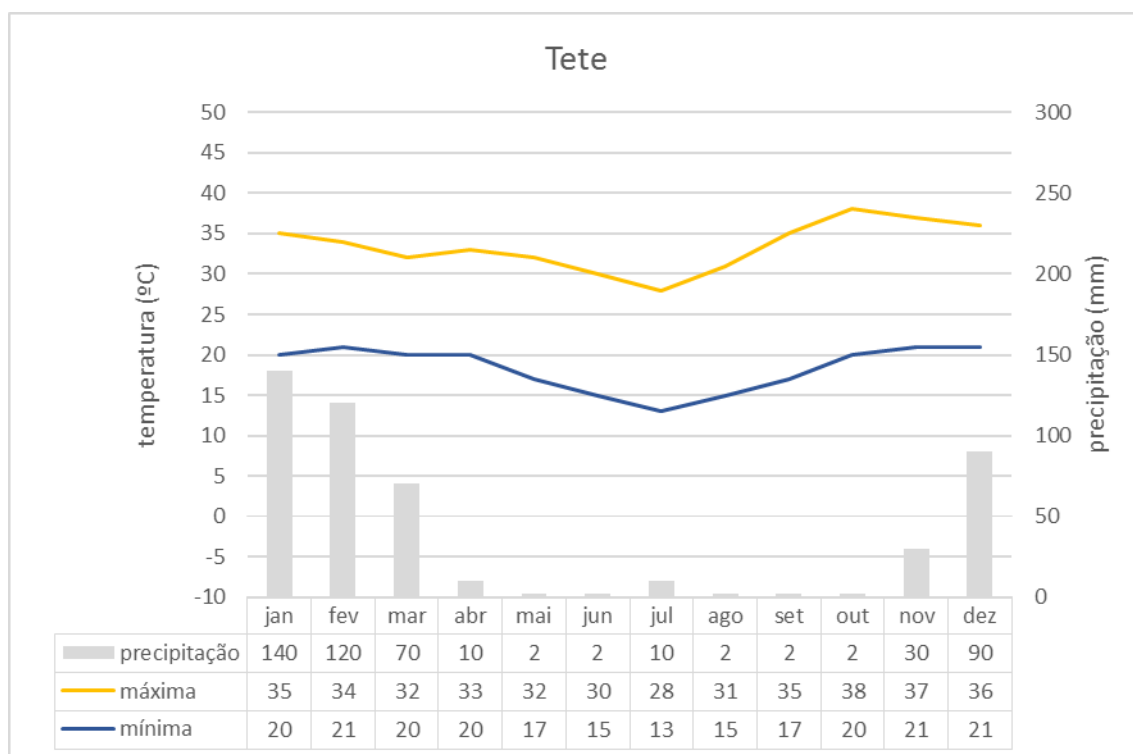
B – Tete (BSh)

O local escolhido de clima B foi a cidade de Tete, em Moçambique. Esta teve, nas décadas mais recentes, um crescimento demográfico bastante acentuado motivado pela exploração mineira. Basta analisarmos que a província de Tete (da qual a cidade de Tete é capital) teve um aumento demográfico em que passou de 780 081 habitantes no ano de 1980 para 1 783 967 habitantes no ano de 2007³⁷. Deste crescimento demográfico acelerado resultaram algumas zonas de evolução espontânea e informal, patenteada pela presença quase exclusiva de habitação precária. Em termos climáticos Tete encontra-se localizada numa zona de classificação BSh, que se refere a zonas de clima semi-árido quente ou clima das estepes quentes. Este é caracterizado por ser um clima seco e quente, onde a precipitação é inferior a evapotranspiração³⁸, e a temperatura média anual é superior a 18°C.

³⁷ Dados do instituto nacional de estatística (via wikipédia)

³⁸ Evapotranspiração é a perda de água do solo por evaporação e a perda de água das plantas por transpiração

Gráfico 2 - Temperatura e precipitação anual na cidade de Tete, Moçambique³⁹



Para além destes fatores climáticos também os fatores socioeconómicos tiveram influência na tomada de decisões ao longo do processo de projeto. Por se tratar de uma sociedade com algumas carências económicas foi dedicado especial cuidado às questões da manutenção e versatilidade.

Como tal decidiu-se escolher como área de implantação um local em Matundo, uma zona de crescimento espontâneo, e onde a intervenção poderia ter uma maior repercussão.

Tendo como premissa inicial a vontade de projetar um conjunto de módulos habitacionais que se relacionassem entre eles, partiu-se para a implantação, onde a direção dos ventos dominantes foi determinante pois informou a orientação dos módulos. Estes orientaram-se contra os ventos dominantes para potenciar a sua ventilação. Como resultado os módulos ficaram com as fachadas de maior dimensão orientadas, respetivamente, para sudeste e noroeste. Com esta nova direção foi possível abrir uma nova rua, articulando as duas ruas existentes que detinham maior dimensão.

³⁹ Dados retirados de <http://www.weatherbase.com/>

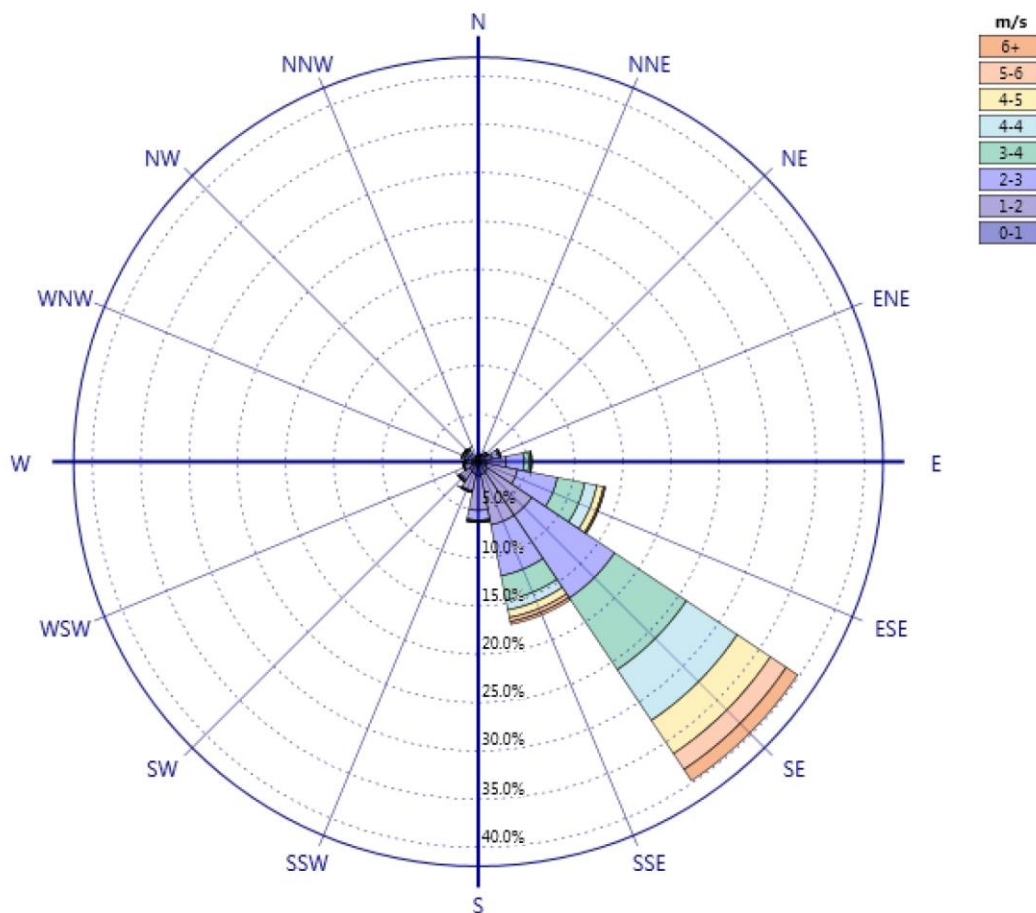


Figura 68 - Ventos dominantes, Tete

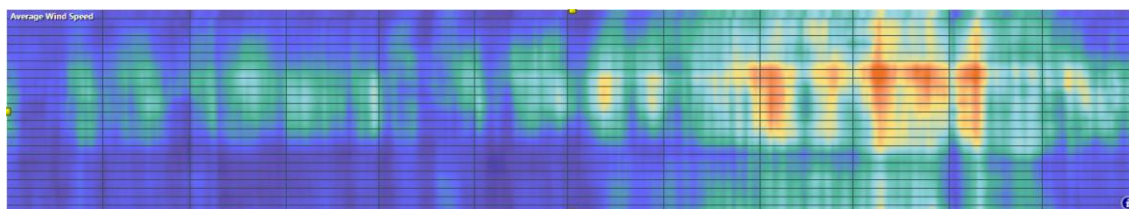


Figura 69 - Intensidade dos ventos por mês, Tete

Os módulos implantaram-se estabelecendo uma relação de proximidade entre eles, formando áreas comuns, que funcionam como pequenas praças, como se pode verificar nos desenhos do projeto. Esta abordagem teve como princípio a característica social do povo de Moçambique, que vive grande parte do seu dia em zonas exteriores, razão pela qual as coberturas se prolongam até ao módulo adjacente, para tentar providenciar a maior zona possível de sombra.

Todos os módulos contêm, em cada uma das fachadas de menor dimensão, dois painéis deslizantes, que se movem em direções opostas e que servem, ora para permitir que dois módulos se conectem, ora para funcionar como elementos de sombreamento. Esta questão da

articulação de módulos foi um aspeto muito importante no desenvolvimento do conceito do projeto pois pretendia-se que fosse possível, por exemplo, uma família possuir vários módulos e, para que tal situação fosse possível, estes tinham de conter a habilidade de se conectarem entre si. Esta habilidade foi conseguida através dos referidos painéis deslizantes e através do desenho cuidado das portas que, quando abertas, ligam os diferentes módulos, providenciando assim uma zona de passagem climatizada.

Contudo, prevendo uma evolução no tempo determinam-se 3 fases de implantação (ver desenhos do projeto)

Devido ao já referido clima quente e seco, o momento de projeto teve de ser bastante delicado e bastante vinculado a estas condicionantes climatéricas. Como tal procedeu-se à elaboração de pequenos mas requintados elementos que contribuem para uma melhor qualidade da habitabilidade interior.

A cobertura dos módulos é composta por dois elementos: uma cobertura solta que funciona como primeira proteção e como sombreamento, e um cobertura ajardinada que serve para tornar o ambiente interior mais fresco. A cobertura solta foi estudada de forma a perceber-se que forma e proporções deviam ter de maneira a potenciar o aproveitamento dos ventos. O objetivo era que cada módulo funcionasse como um elemento que encaminhava os ventos dominantes para o solo, onde as pessoas andam e convivem. Para tal foi feito um estudo aerodinâmico tendo em vista a otimização deste processo.

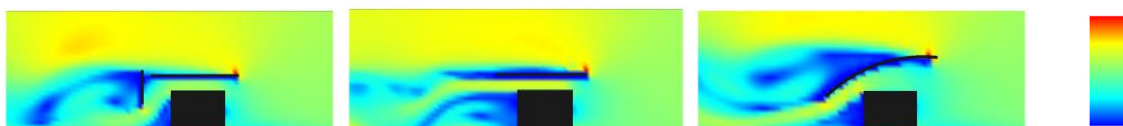


Figura 70 - estudo aerodinâmico

Como se pode comprovar é com a última cobertura que se obtêm os melhores resultados, encaminhando o vento para uma zona habitável. Quando a este vento se soma o facto de a segunda cobertura ser ajardinada conseguimos produzir uma brisa interessante pois a vegetação liberta humidade que é encaminhada pelo vento orientado que providenciamos com a cobertura solta.

Como se referiu anteriormente as coberturas encontram-se ligadas ao módulo mais próximo. Isto acontece pois tem-se como objetivo alcançar um área sombreada considerável,

mas as razões não se esgotam nesta característica. A cobertura “solta” é também utilizada para encaminhar a água das chuvas para a cobertura ajardinada do módulo vizinho e para o tanque que todas as habitações contêm. Este tanque, colocado a sul, na zona mais fresca e exposta aos ventos dominantes, funciona como um elemento de arrefecimento do interior da habitação pois, imediatamente em cima do tanque, encontra-se uma janela, o que possibilita uma ventilação cruzada com início nesta zona mais fresca.

Para combater as altas temperaturas que se fazem sentir neste território decidiu-se olhar para as construções vernáculas na busca de influências e respostas. Realizou-se assim uma adaptação ao módulo pré-fabricado tendo como objetivo aumentar a inércia térmica da habitação. Foi colocada terra nas paredes, entre o elemento exterior e interior do módulo pré-fabricado. Com esta alteração as paredes ganham uma massa térmica considerável, contribuindo para que o interior se torne mais fresco.

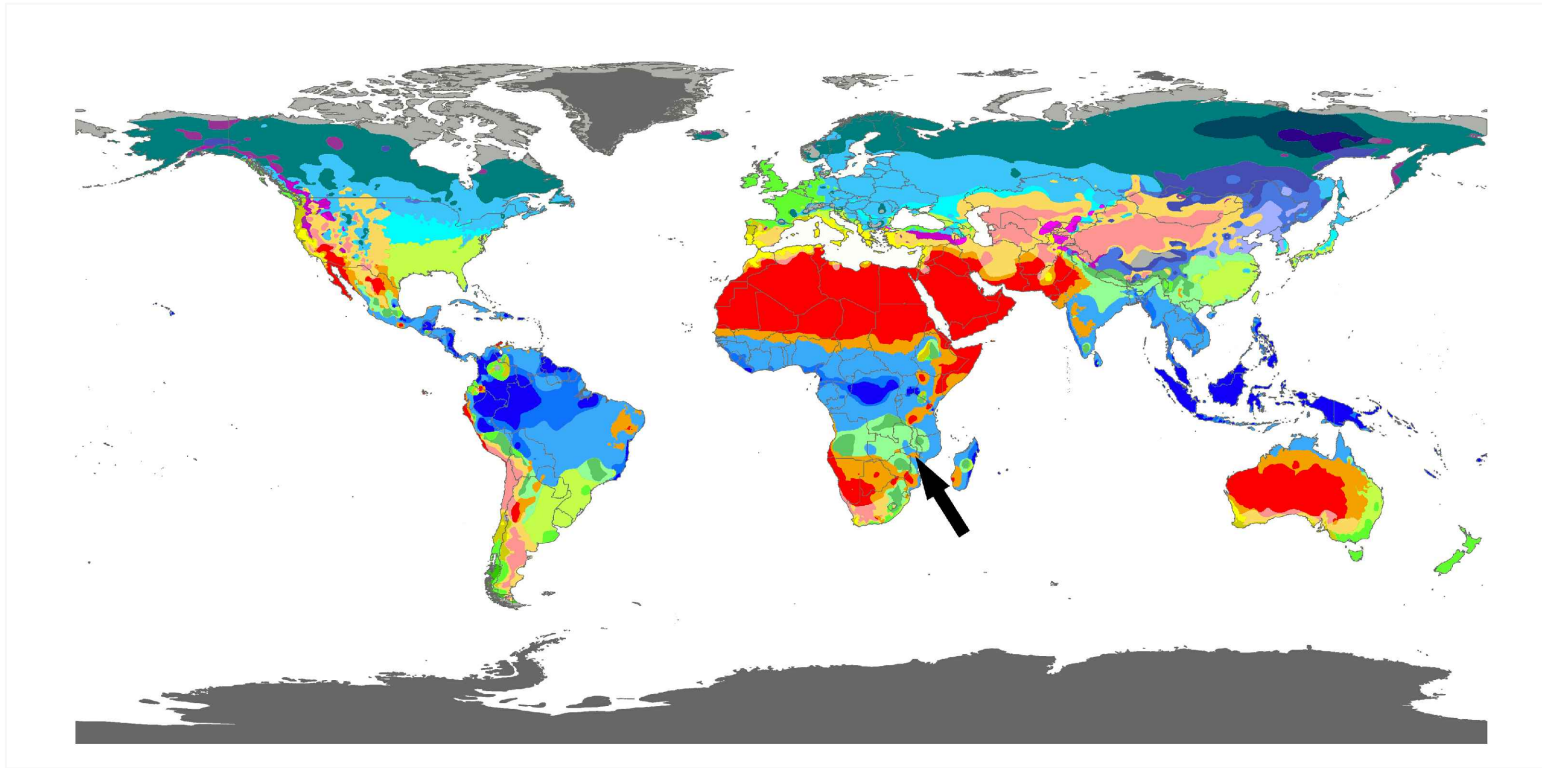
Também de inspiração na construção vernácula, e com a premissa inicial de realizar habitações de fácil ou inexistente manutenção, decidiu-se revestir o exterior do módulo a caniço⁴⁰. Este é cortado em dimensões iguais e colocado numa calha de madeira para uma fácil manutenção e substituição. Preserva-se assim a tradição do lugar ao mesmo tempo que é reinterpretada para a contemporaneidade.

(esquema da fachada de caniço e esquema das portadas móveis, ver desenhos do caderno)

Os módulos encontram-se elevados do solo de maneira a que estes estejam protegidos da água das chuvas. Perante esta ligeira elevação é colocado um degrau que é materializado através de um bloco de pedra maciça. Paralelamente, nas zonas de conexão entre os módulos, de forma a regularizar a articulação é colocado um elemento de madeira que funciona como passadiço e que une os dois módulos (ver desenhos do projeto).

Em termos de remates estes são feitos em reentrância, permitindo que a peça lateral de madeira possa ser retirada para substituir o caniço.

⁴⁰ Vegetação, espécie de cana delgada, utilizada nas construções vernáculas Moçambicanas, as palhotas.



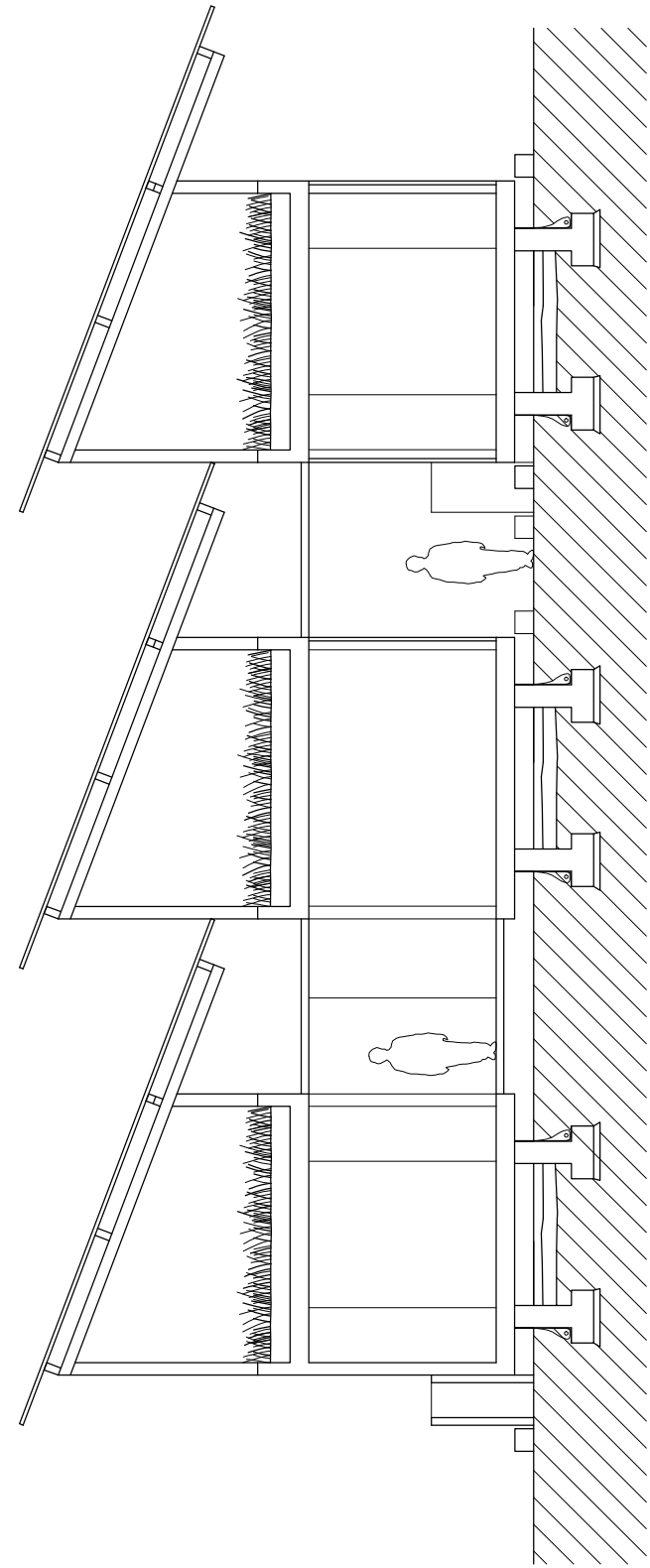
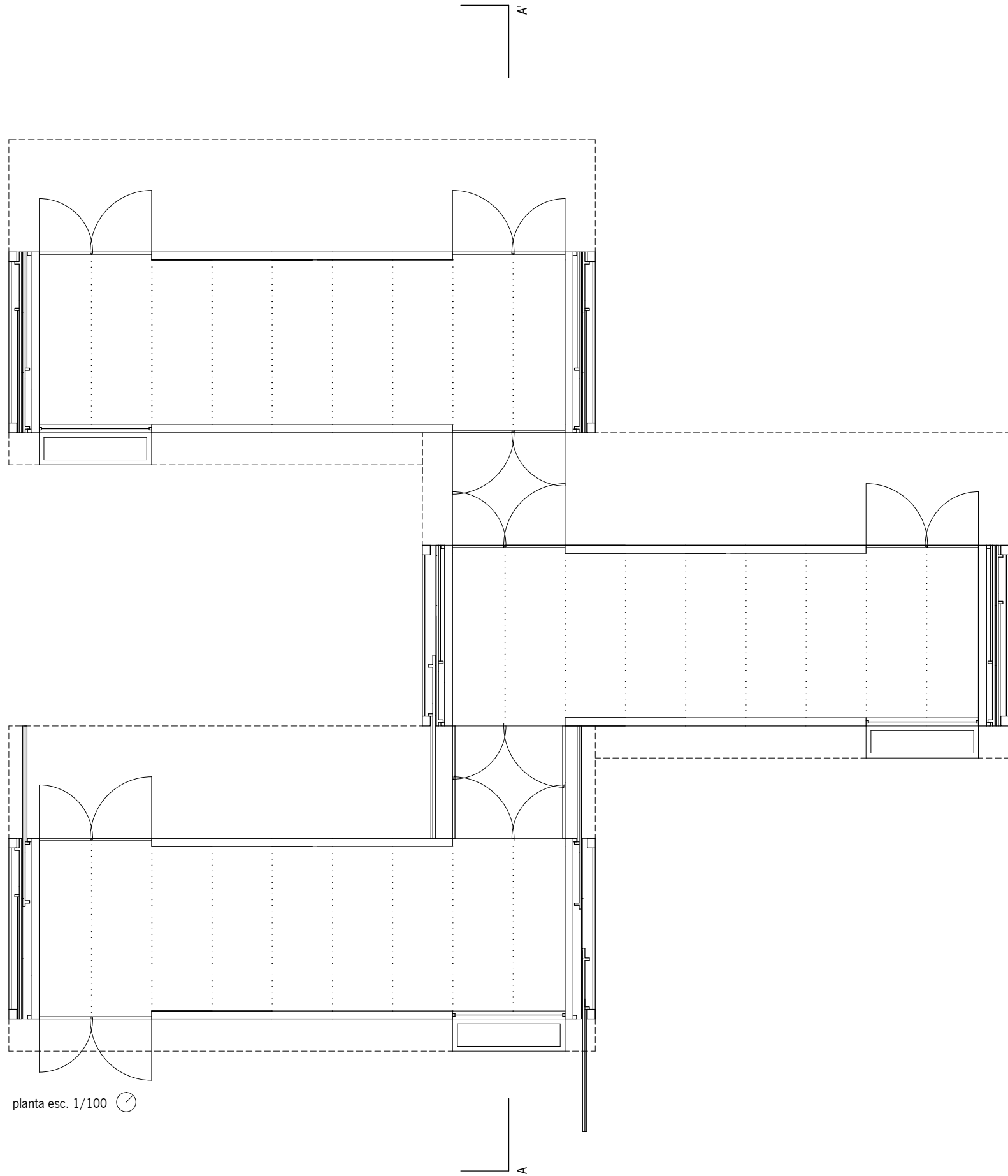
mapa climático

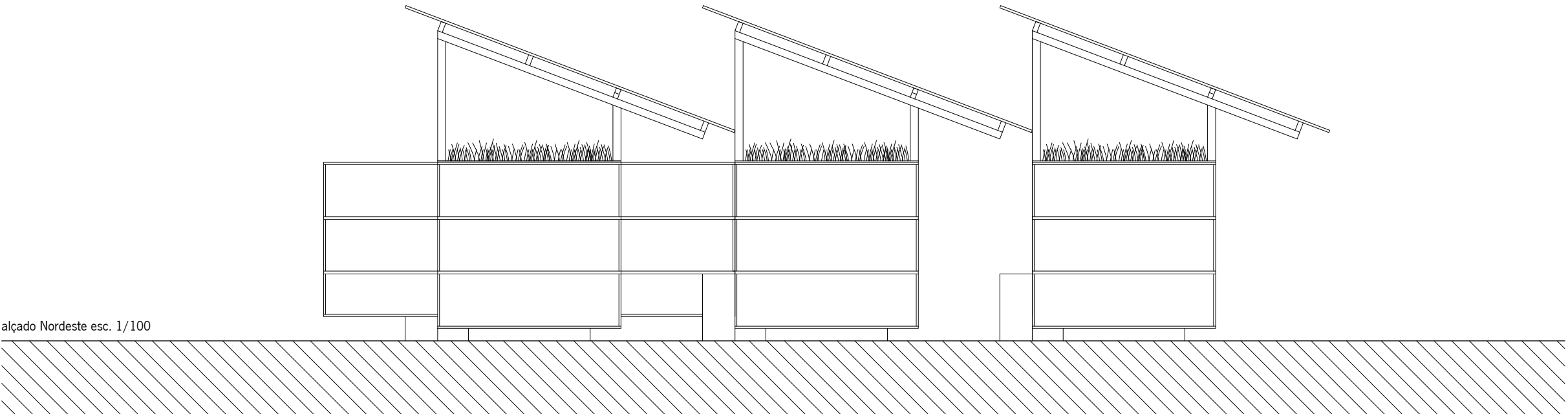
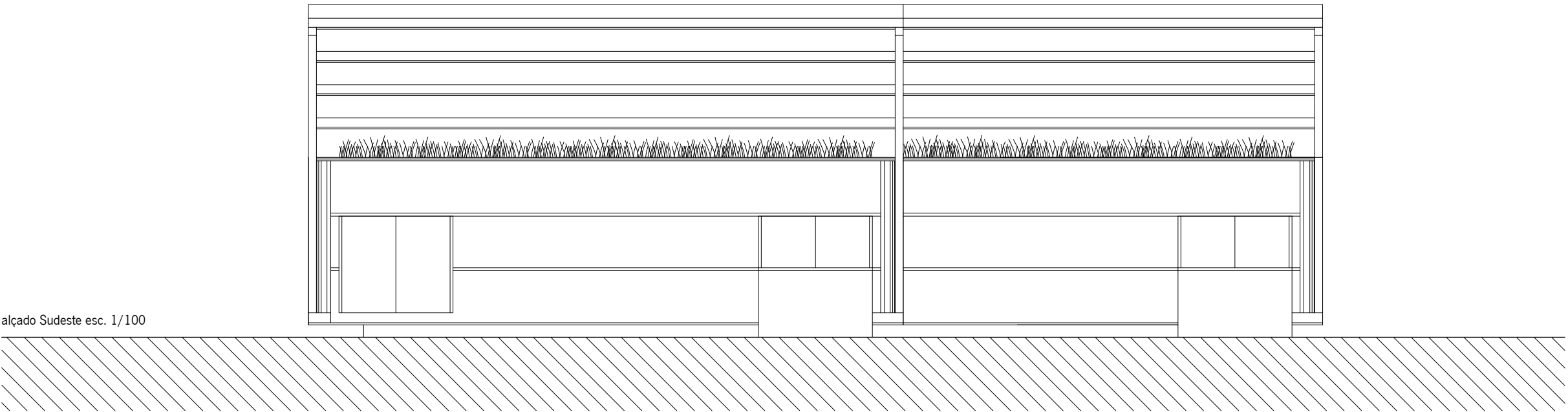


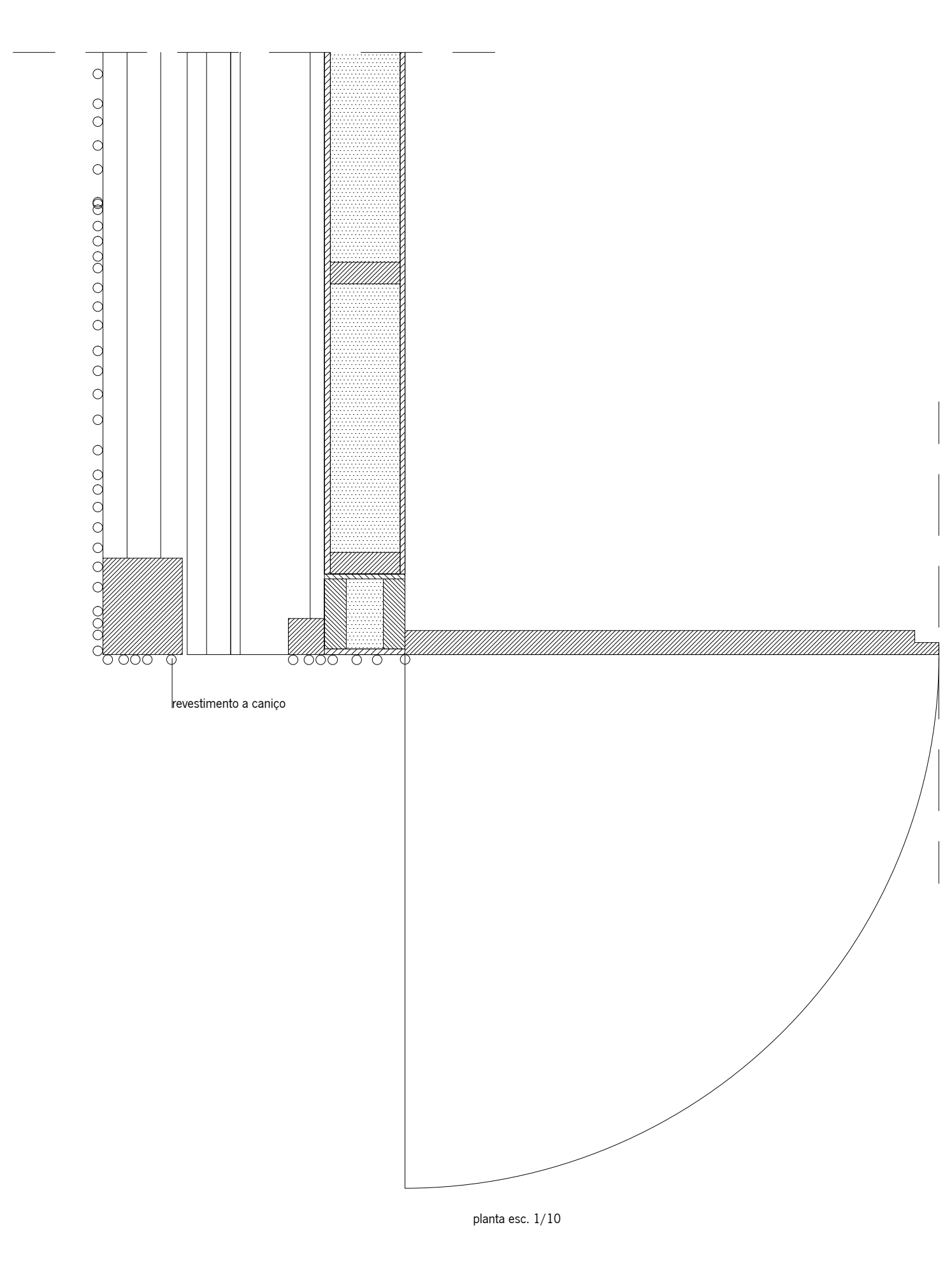
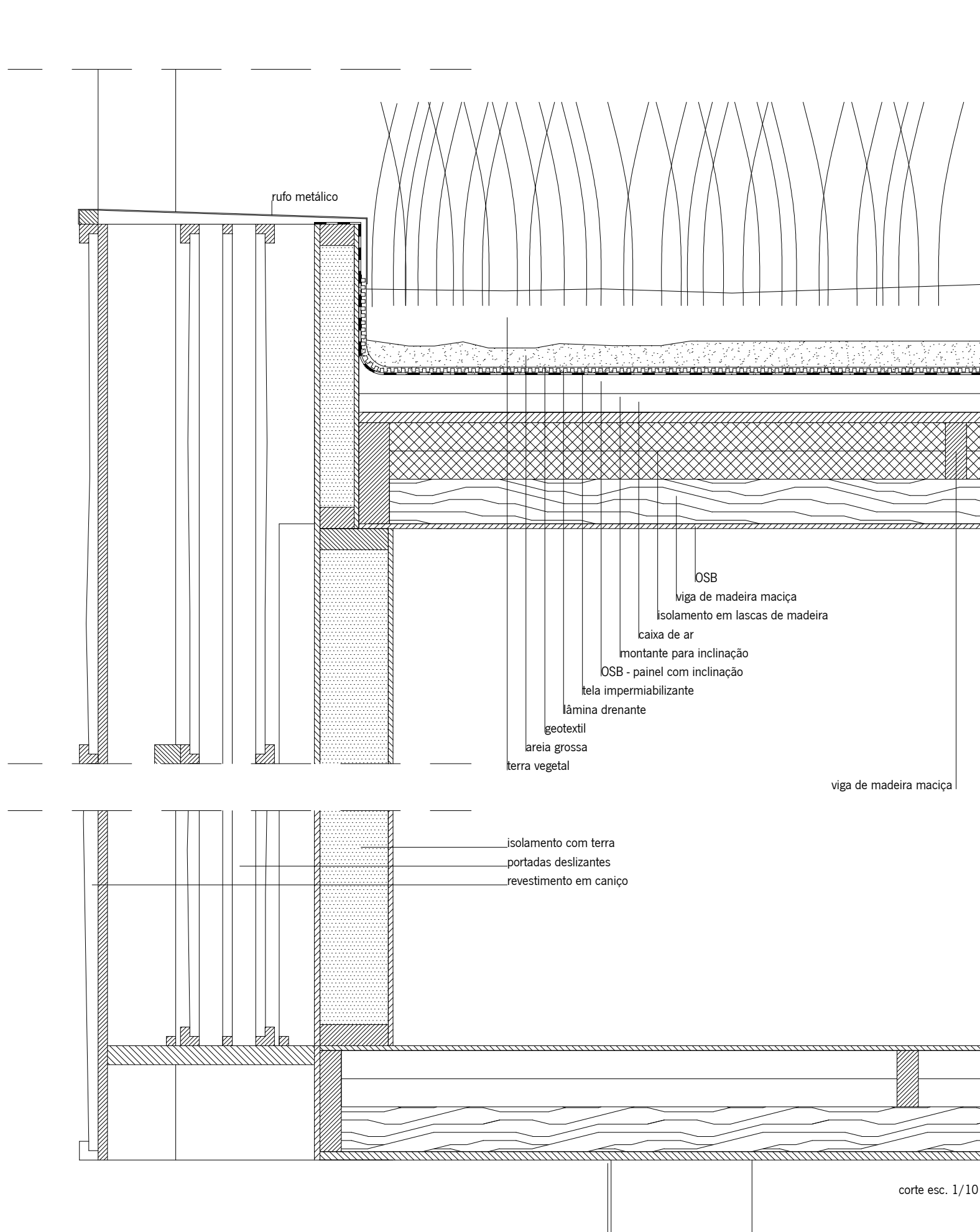
vista aérea (esc. 1/10000)



Evolução da implantação ao longo do tempo (esc. 1/2000) ⌚







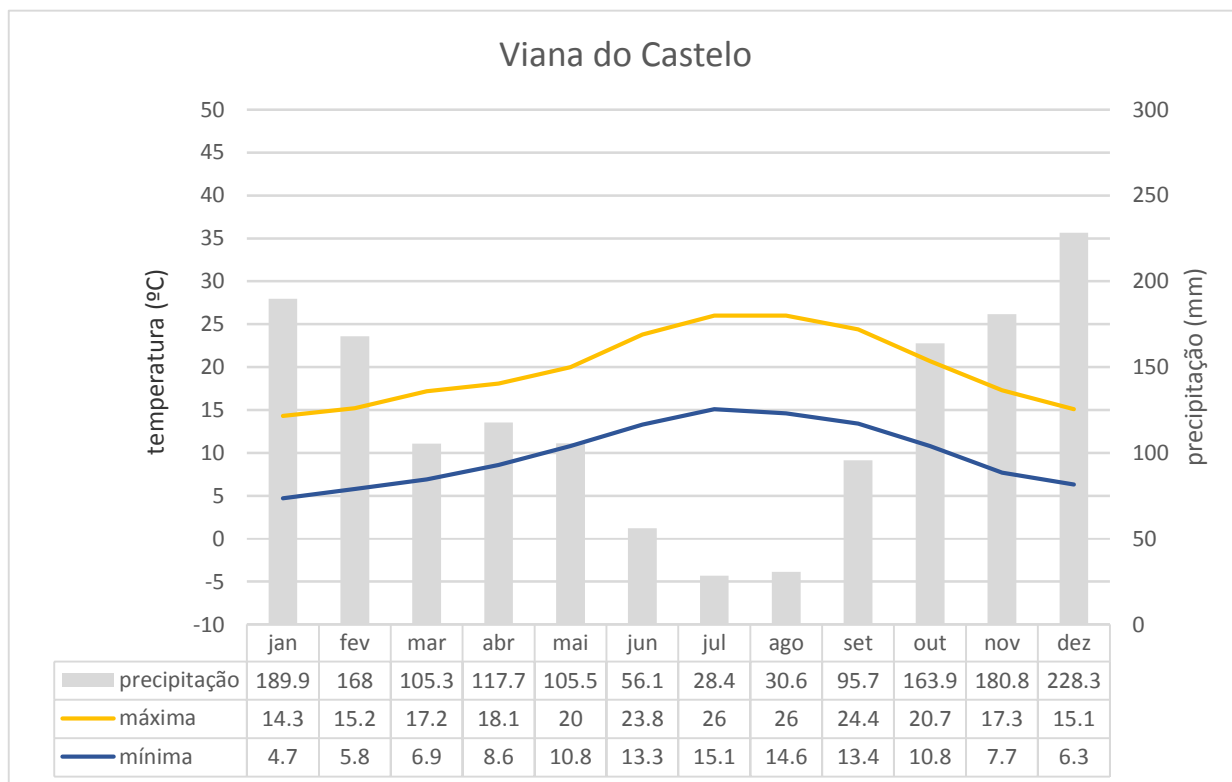
C – Viana do Castelo (Csb)

O local escolhido de clima C foi a cidade de Viana do Castelo, mais especificamente uma zona localizada na margem da Alameda 5 de Outubro. Escolheu-se a cidade de Viana do Castelo pois a empresa que, no âmbito de um projeto QREN, está a desenvolver o módulo habitacional que serve de caso de estudo a este trabalho está sediada nesta cidade. É assim interessante que este módulo habitacional seja transformado num showroom experimental onde se possa demonstrar as capacidades do módulo pré-fabricado, bem como as inovações incutidas por este trabalho. O local escolhido obedece a alguns critérios que foram estipulados e que têm que ver com a particularidade de se tratar de um showroom. Por este aspeto implantou-se o módulo num local central na relação com a cidade e que tem um fluxo pedonal e automóvel elevado.

Em termos climáticos Viana do Castelo encontra-se localizada numa zona de classificação Csb que se refere a zonas de clima temperado marítimo, ou clima húmido de verão seco e temperado. Este clima temperado marítimo é definido por conter características de clima mediterrâneo mas com influência continental, como as amplitudes térmicas acentuadas, os Verões quentes e secos e os invernos algo severos com precipitação abundante⁴¹.

⁴¹ Peel, M. C., B. L. Finlayson, e T. A. McMahon. *Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification*. Artigo científico, Copernicus Publications, 2007.

Gráfico 3 - Temperatura e precipitação anual na cidade de Viana do Castelo, Portugal⁴²



O local de implantação caracteriza-se por ser plano, de proximidade com a rua e com algumas infraestruturas de relevo arquitetónico da cidade. Na proximidade imediata temos a presença de árvores de folha caduca que serão consideradas no projeto.

O princípio do qual se partiu para este projeto foi o de desenvolver uma solução de revestimento, de pele exterior, que fosse arrojada e que funcionasse como polo de atenção, visto ser esse o objetivo de um showroom. Para tal desenvolveu-se um conceito de revestimento que buscava inspiração na tradição de cestaria local. Deste conceito resultou a ideia de utilizar lâminas finas de madeira, largas, que se iam entrelaçando entre si, as verticais cruzavam com as horizontais e assim sucessivamente.

Em termos de implantação o módulo localiza-se entre um pequeno conjunto de árvores preexistentes, e orienta-se perpendicularmente em relação ao passeio que lhe dá acesso. Conseguiu-se assim uma implantação harmoniosa e que não cria atrito com a envolvente, sem, no entanto, deixar de ser bem visível para as pessoas que passam.

⁴² Dados retirados de <http://www.weatherbase.com/>

Em termos de aberturas estas tiveram como ponto de partida os ventos dominantes. Contudo, nesta cidade, constata-se que os ventos dominantes no inverno e os ventos dominantes no verão são distintos, o que leva a que ambas as situações tenham de ser consideradas individualmente.

Decidiu-se começar pela informação dada pelos ventos dominantes de Junho a Setembro e constatou-se que estes vinham de noroeste. Tendo em consideração que estes ventos seriam importantes para arrefecer o módulo colocou-se uma reentrância com uma zona de abertura orientada para estes ventos dominantes.

Para potenciar o arrefecimento colocou-se um pequeno espelho de água na trajetória que estas massas de ar percorrem até chegar à abertura. Como a água vai evaporando esta torna-se numa maneira passiva e eficiente de arrefecer o módulo. De forma a tornar possível uma ventilação cruzada decidiu-se colocar aberturas no alçado oposto, privilegiando também as magnificas vistas para o rio.

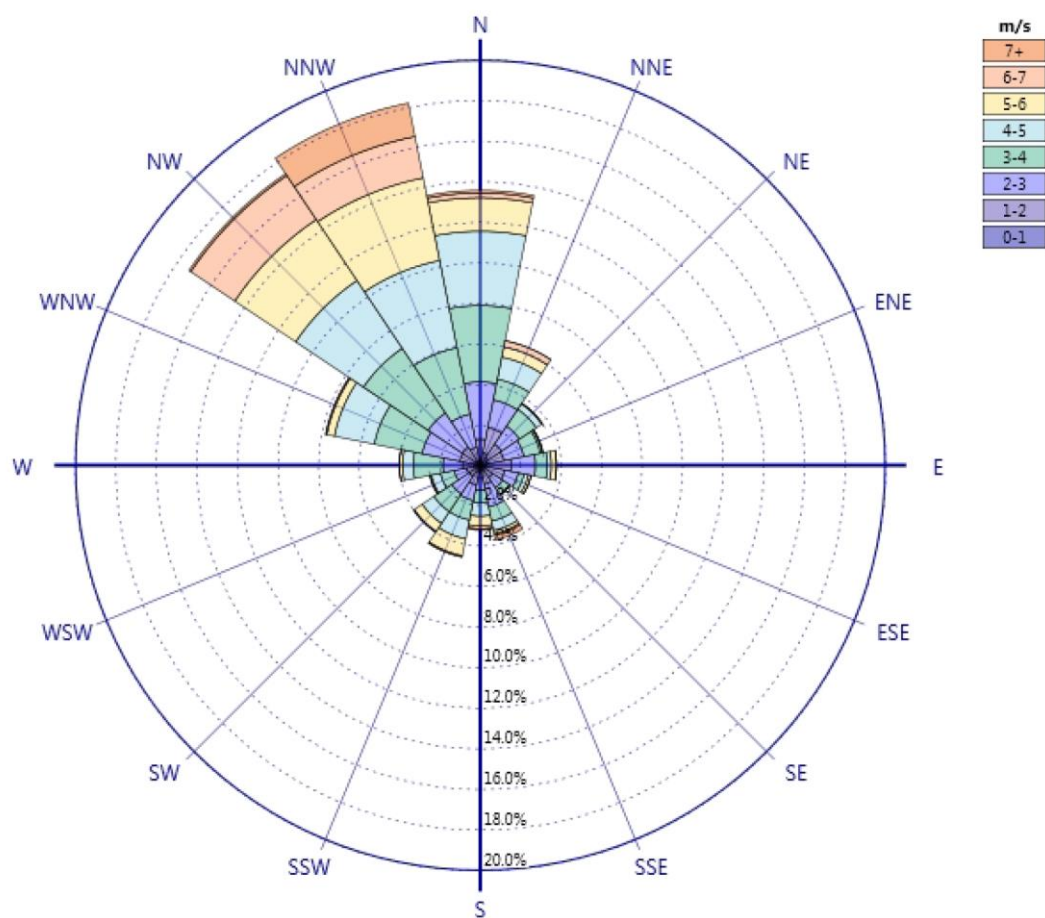


Figura 71 - Ventos dominantes de Junho a Setembro, Viana do Castelo

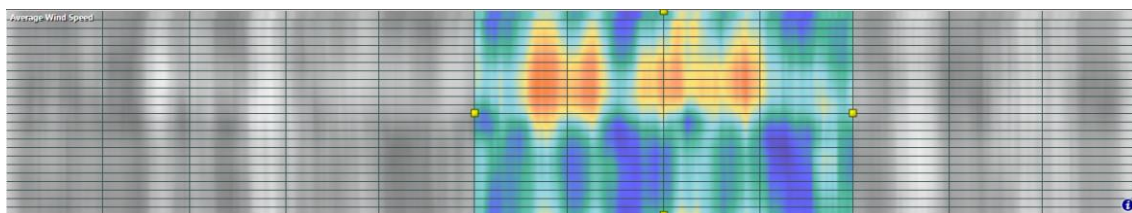


Figura 72 - Intensidade dos ventos por mês (de Junho a Setembro), Viana do Castelo

Nos restantes meses do ano é mais difícil definir qual é o vento dominante o que fez com que esta informação fosse inconclusiva.

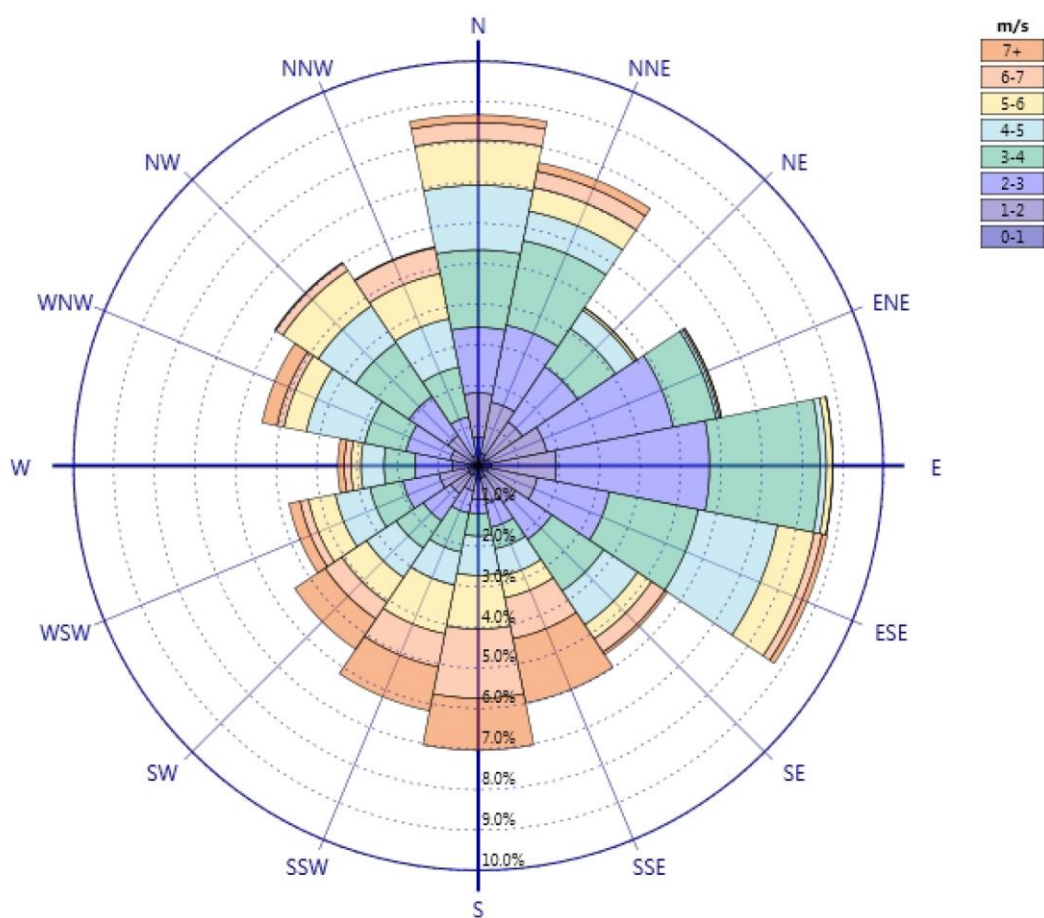


Figura 73 - Ventos dominantes de Novembro a Maio, Viana do Castelo

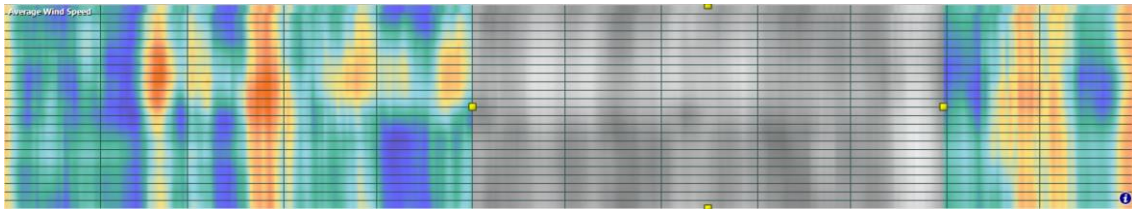


Figura 74 - Intensidade dos ventos por mês (de Novembro a Maio), Viana do Castelo

As restantes aberturas estão colocadas, como já foi referido, no alçado sudeste tentando aproveitar o sol durante o inverno, sombreando, contudo, as aberturas durante os meses mais quentes. Isto foi conseguido através de um cuidado estudo da carta solar do local. Este estudo também alertou para a fragilidade que estas aberturas tinham para quando a posição aparente do sol era a poente. Visto que o “sol de poente” desequilibra bastante a qualidade térmica interior de uma habitação, elementos de sombreamento verticais foram projetados de maneira a resolver este efeito.

Estes elementos consistem numa deformação do revestimento em cestaria que, como podemos ver na maquete de estudo (Figura 76), transforma-se de uma posição vertical para uma posição horizontal. Esta torção permite criar um elemento de exceção, ao mesmo tempo que protege o módulo da influência do sol de poente e de sul durante o verão.

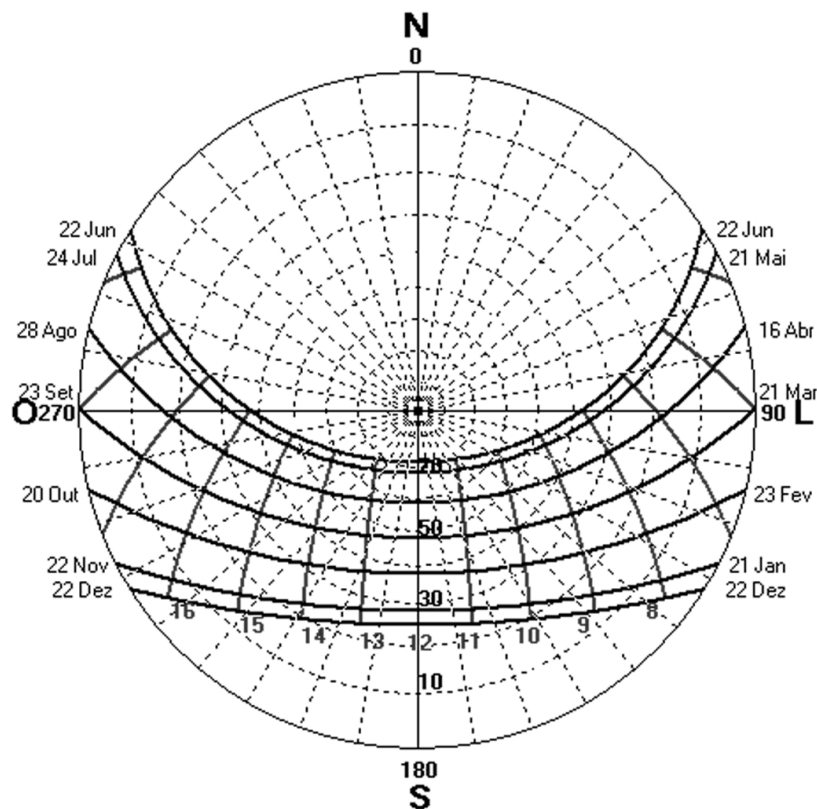


Figura 75 - carta solar (Viana do Castelo)

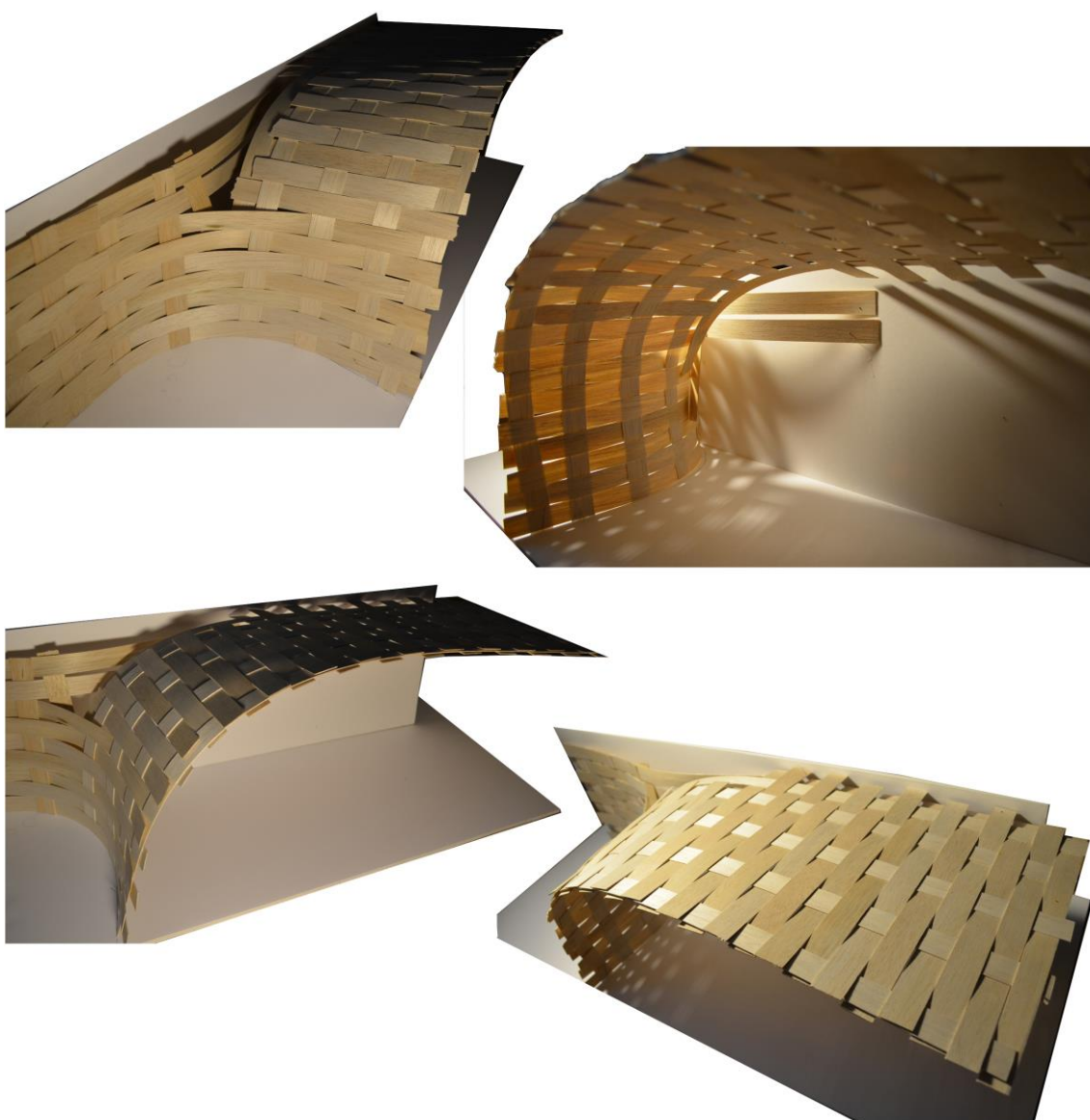


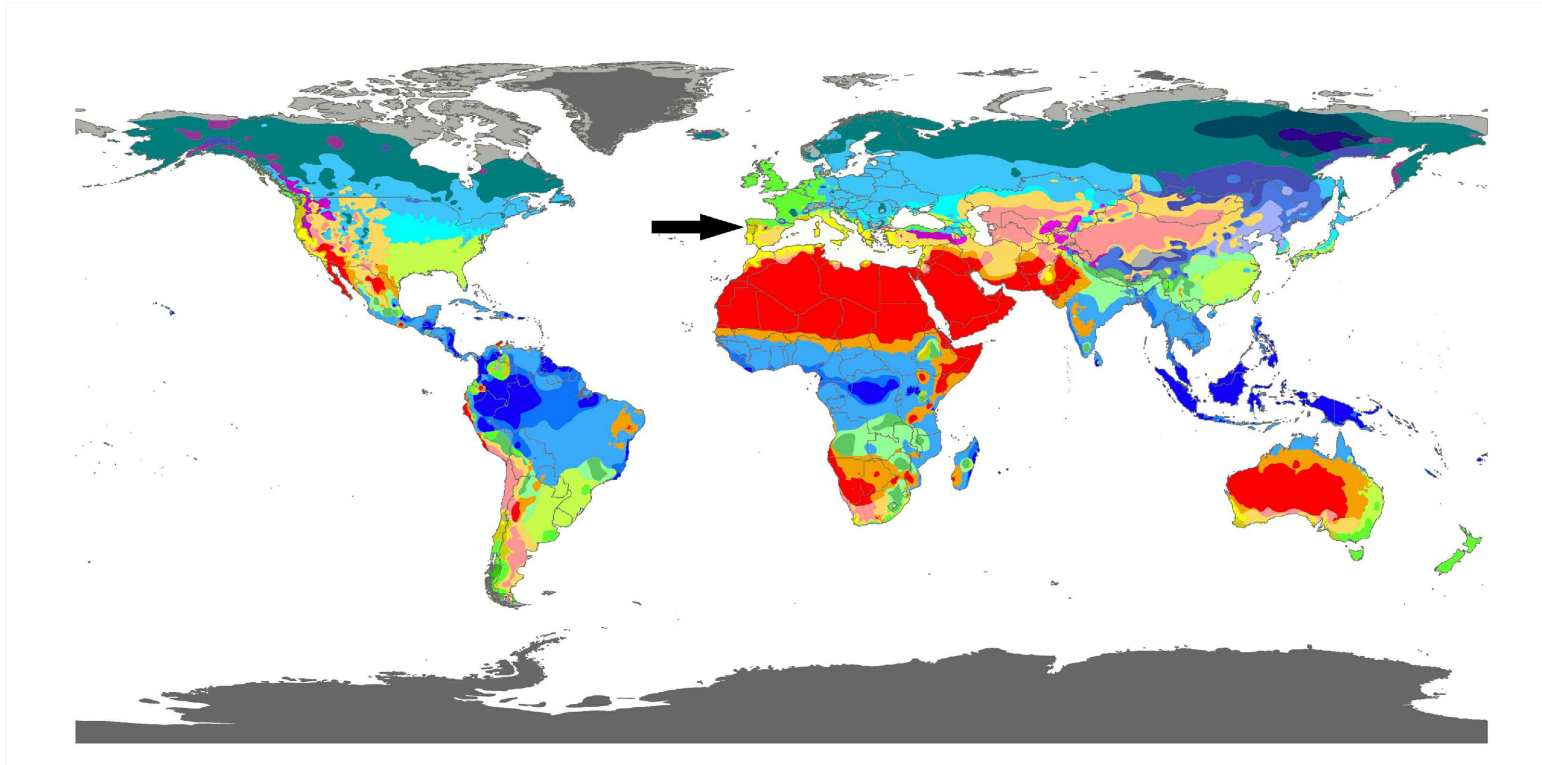
Figura 76 - fotos da maquete experimental

O módulo fica ligeiramente levantado do solo, de forma a proteger os elementos de madeira da água. Apesar desta medida houve a necessidade de plantar à volta do módulo vegetação para impedir que a água, por transmissão indireta (salpicar desde o chão), pudesse deteriorar o revestimento exterior.

Em termos de isolamento, este vem estipulado de fábrica para o Quark.

Na cobertura optou-se por realizar uma cobertura ajardinada pelo efeito refrigerador que tem nos dias mais quentes e porque do ponto de vista estético articula-se bem com o revestimento.

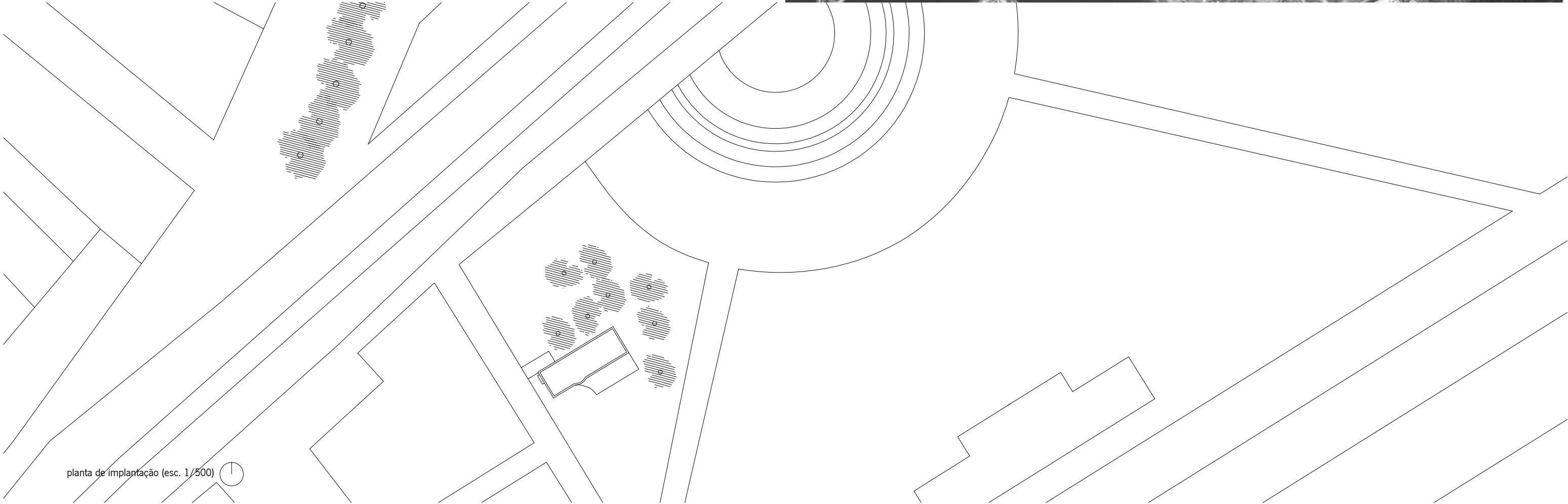
No que toca aos remates optou-se por realizar um remate em madeira maciça. Este consiste em incluir no cunhal um elemento de madeira maciça que articula os revestimentos perpendiculares entre si.



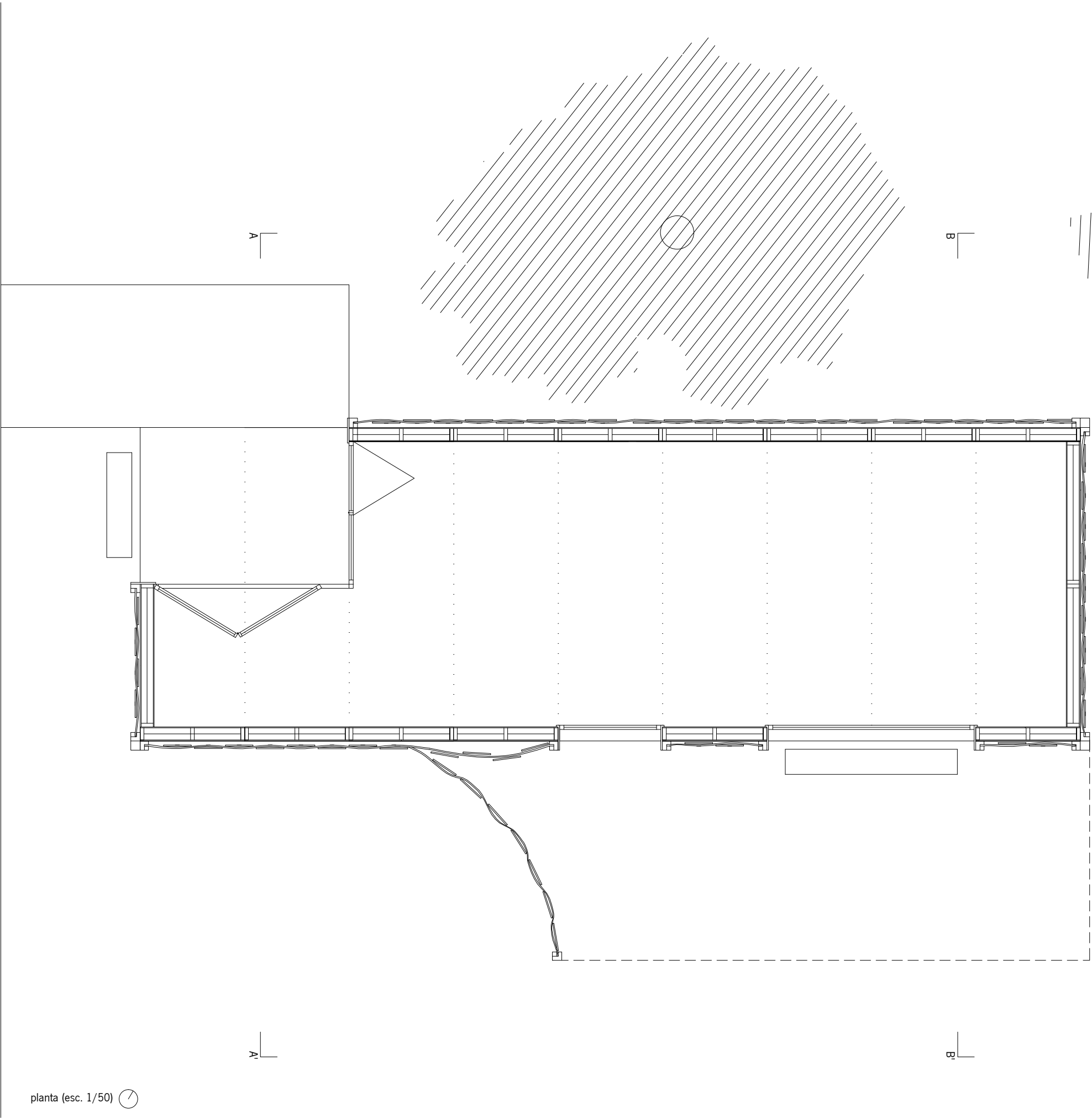
mapa climático




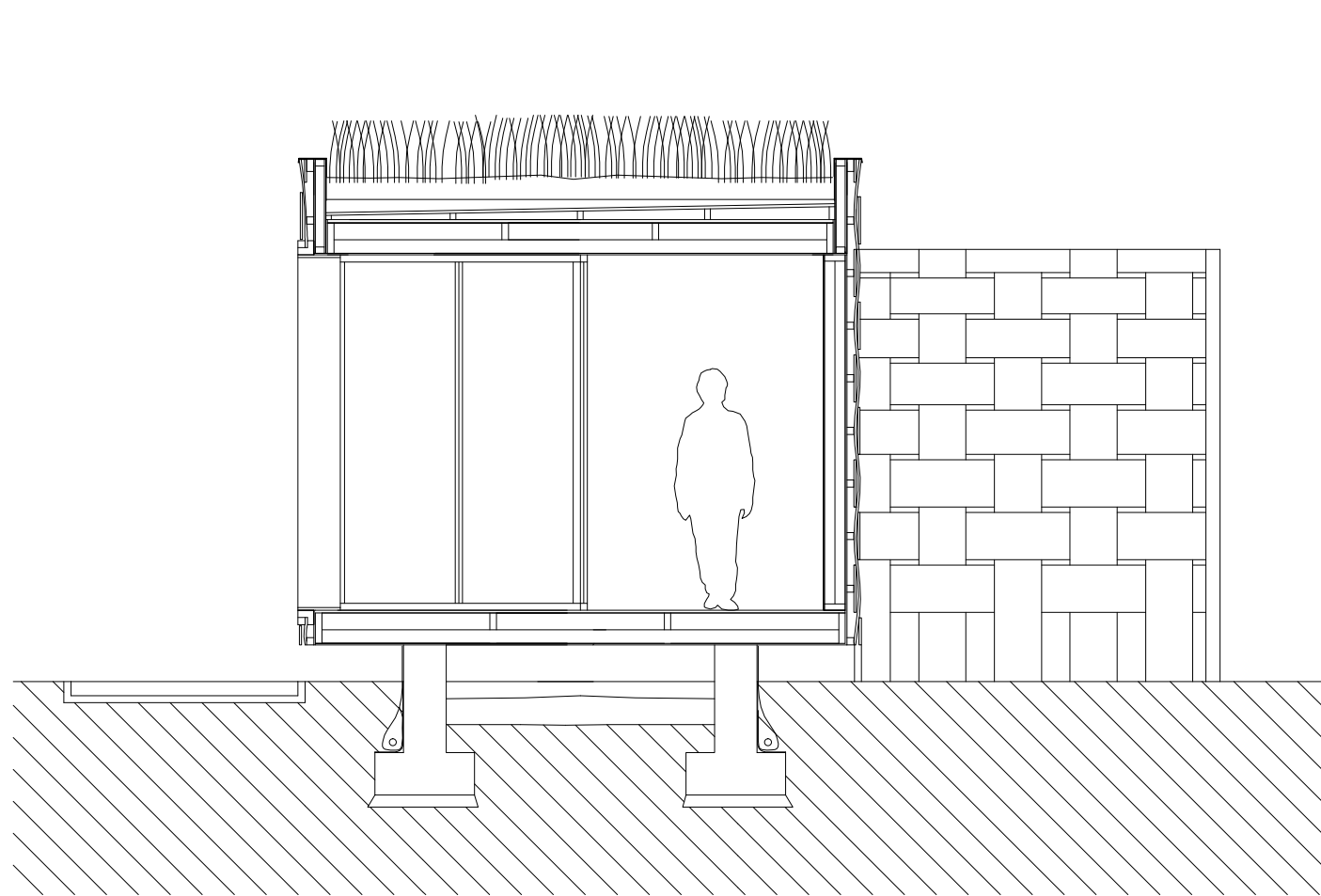
vista aérea (esc. 1/10000)



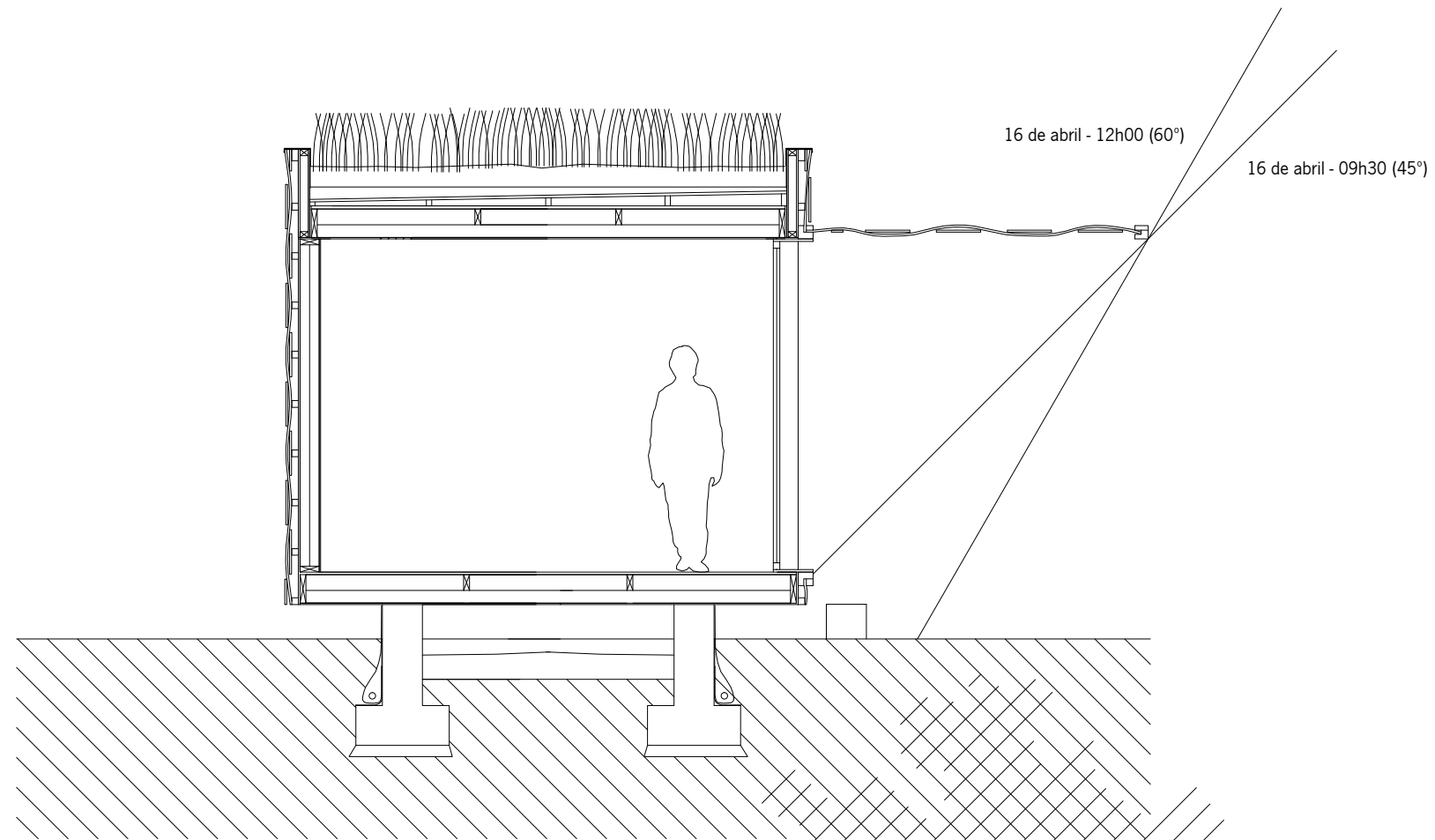
planta de implantação (esc. 1/500)



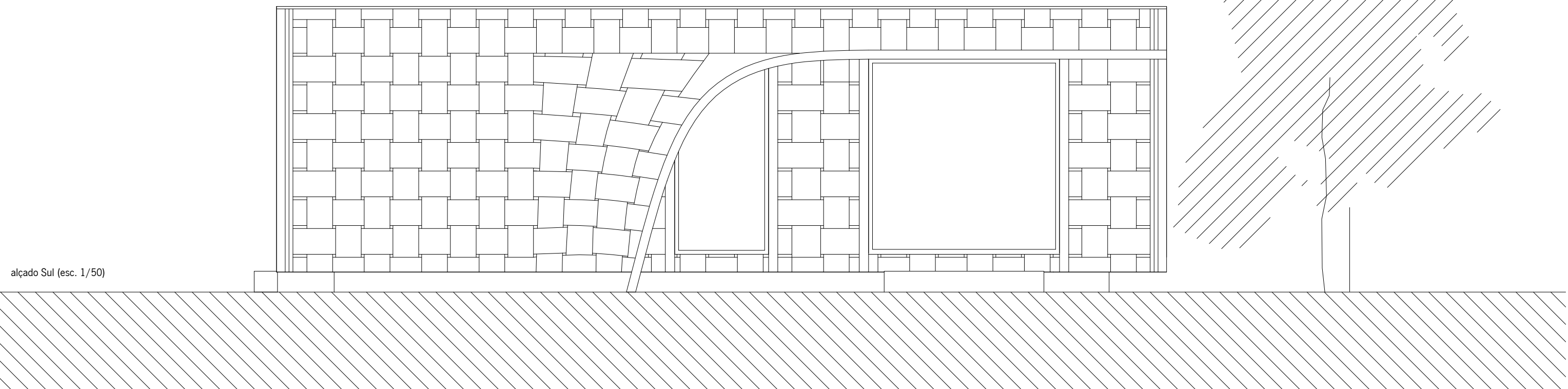
planta (esc. 1/50) 



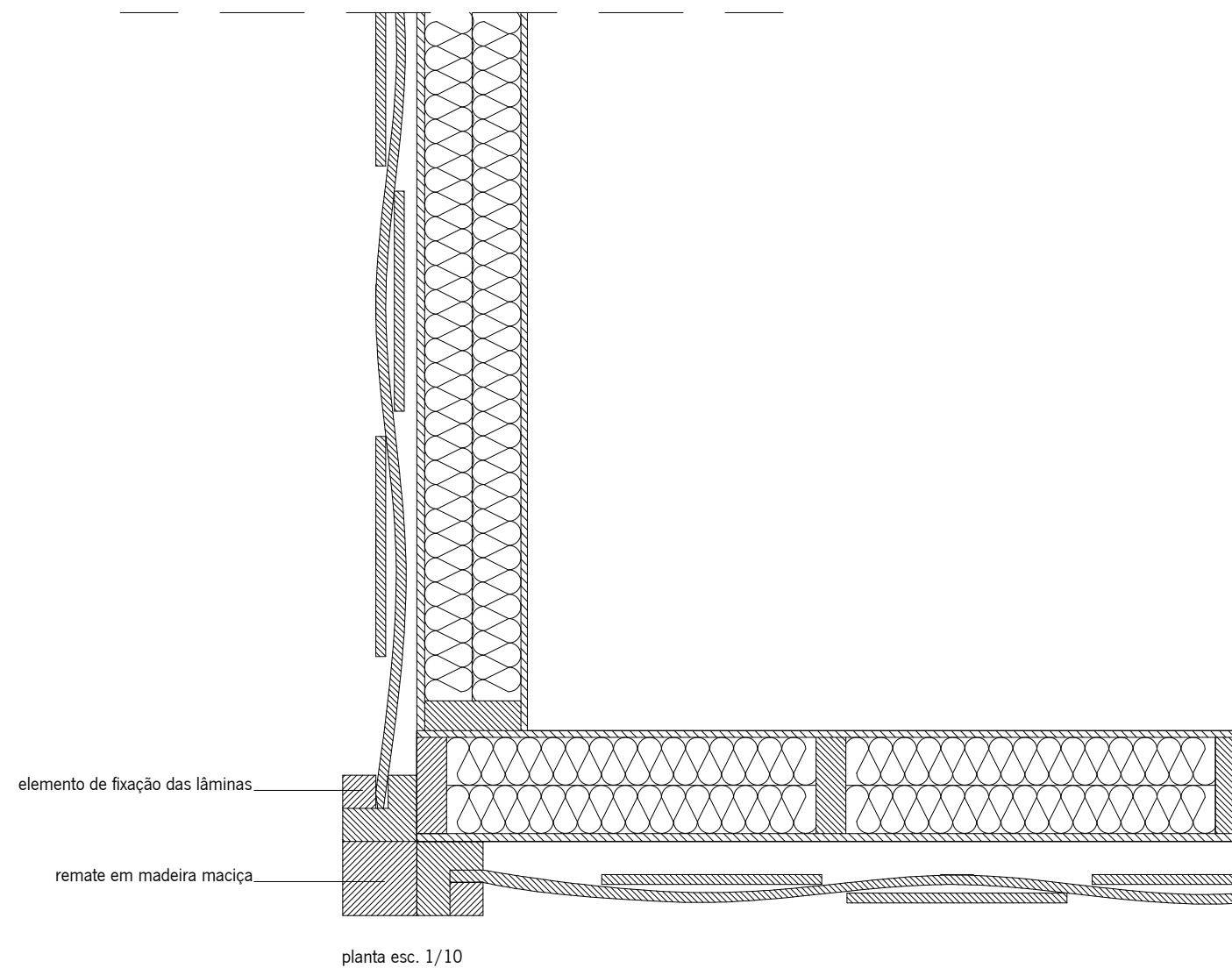
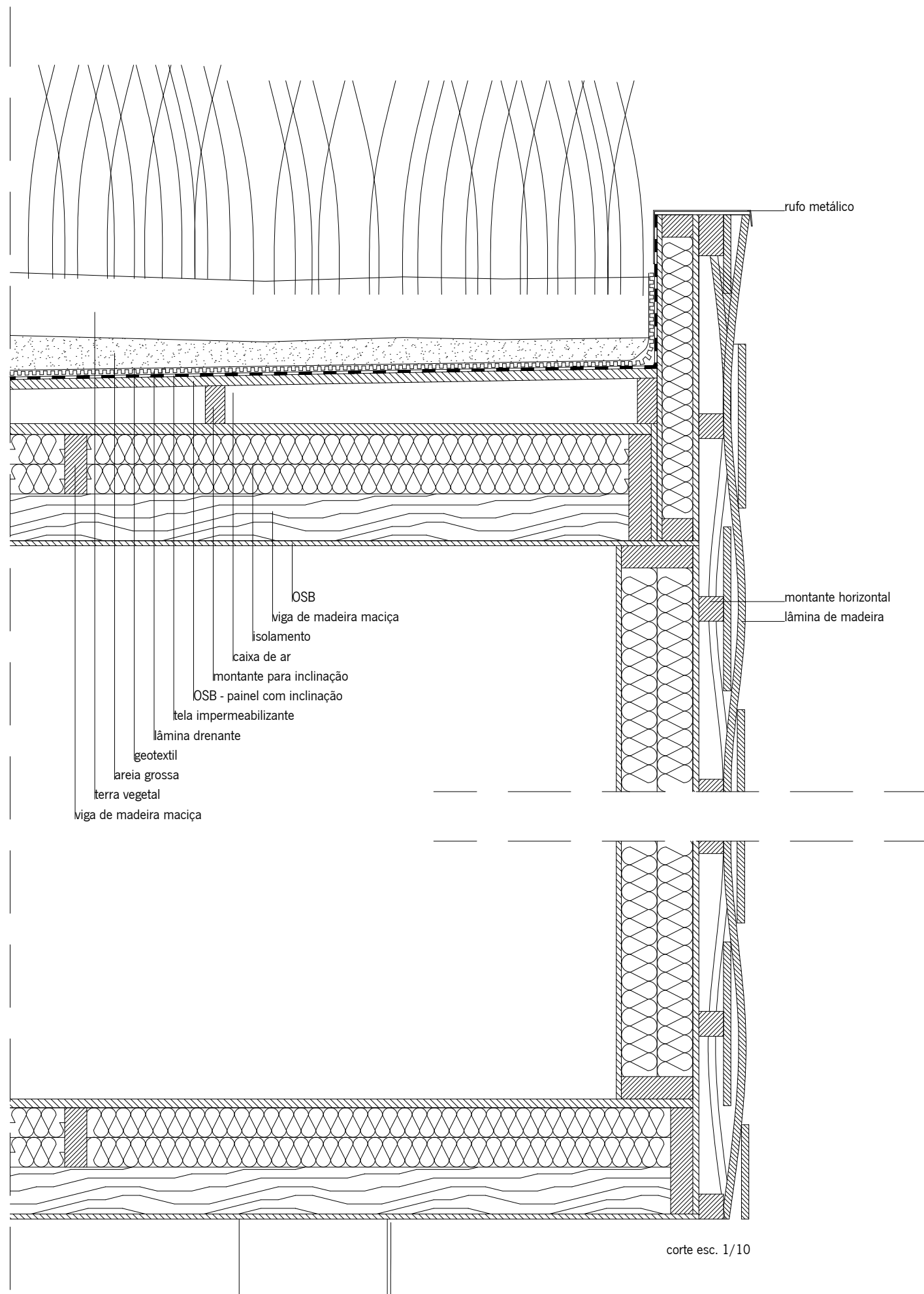
corte A A' (esc. 1/50)



corte B B' (esc. 1/50)



alçado Sul (esc. 1/50)

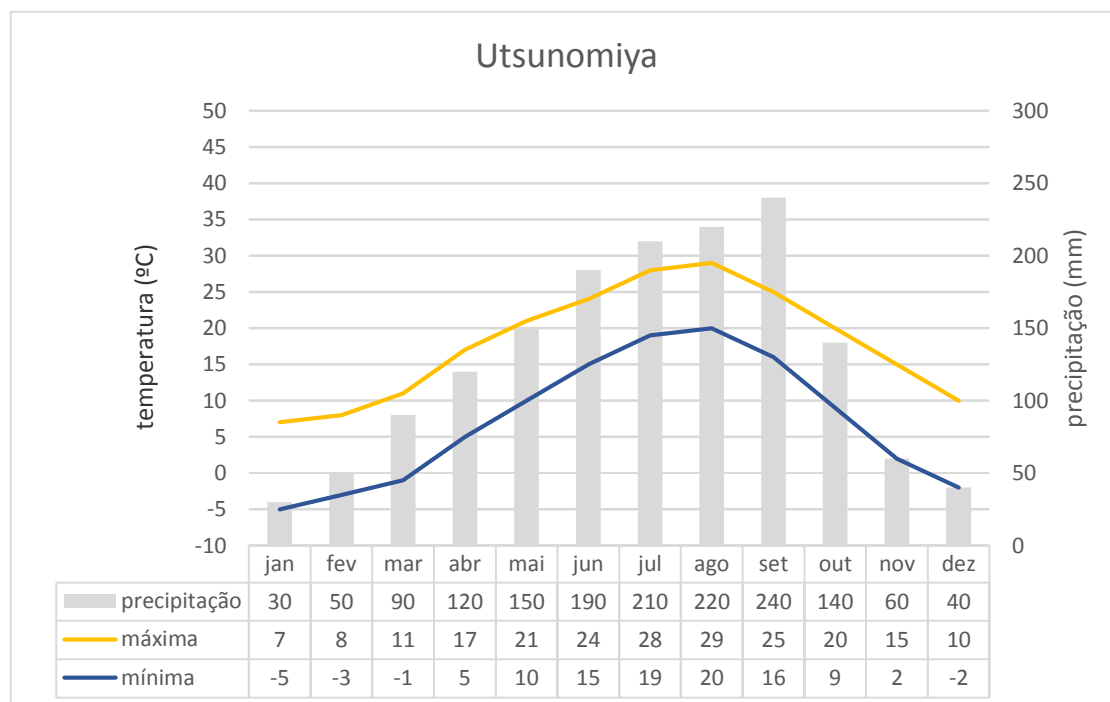


D – Nikko National Park (Dfb)

O local de clima D escolhido foi o Parque Natural de Nikko no Japão, mais concretamente a área a norte do lago Chūzenji. Esta escolha deve-se, como se verificou anteriormente em “escolha dos locais”, ao facto de este parque ser de categoria II e, desta forma, é um local onde se pode construir mas de forma muito cuidada e controlada. Nesta lógica a pré-fabricação assume-se como uma mais-valia pois pode ser produzida em fábrica, evitando a necessidade de estaleiro no local, e depois pode ser montada de forma rápida. A grande vantagem está assim no facto de esta poder ser desmontada e retirada do local com a mesma facilidade, tornando-se assim numa intervenção que pode deter um carácter efémero.

Em termos climáticos o parque Nacional de Nikko encontra-se localizado numa zona de classificação Dfb que se refere a zonas de clima continental húmido. Este é um clima temperado frio, sem estação seca e com o verão temperado. É caracterizado por ter um inverno severo e por ser um clima com elevada precipitação. Devido ao facto de não existir uma estação climatérica em Nikko a informação recolhida tem como fonte a estação climatérica de Utsunomiya, a mais próxima do local de implantação, e que dista cerca de 50 Km deste.

Gráfico 4 - Temperatura e precipitação anual em Utsunomiya, Japão⁴³



O local de implantação escolhido é caracterizado por ser de topografia plana, contendo uma linha de água, um caminho pedonal e uma florestação lindíssima de árvores de folha caduca. O conceito de implantação passa por, de uma forma orgânica, encontrar os espaços vazios deixados pelas árvores e implantar lá os módulos, realizando depois trilhos que unam os módulos, trilhos esses também determinados pela posição das árvores.

⁴³ Dados retirados de <http://www.weatherbase.com/>

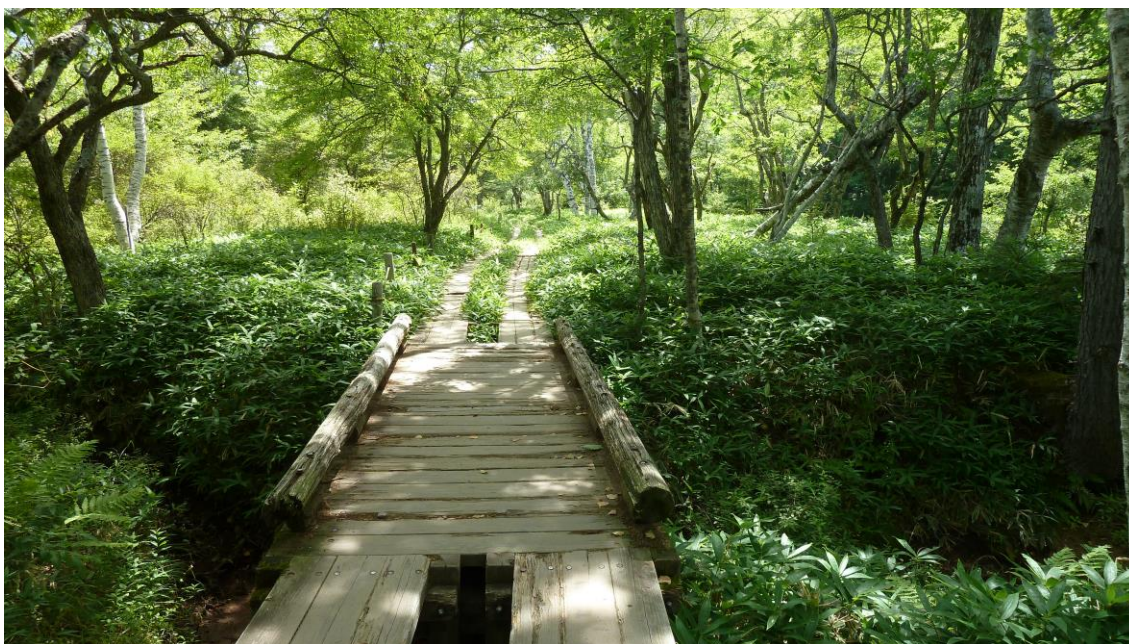


Figura 77 - Nikko National Park

O que inspirou, no significado mais sentimental da palavra, este projeto foi a relação da cultura japonesa com a natureza, relação esta que se pode comprovar com a ligação desta com a pintura e ornamentação japonesa. Como diz Bruno Taut, o que atraiu os arquitetos para a arquitetura japonesa foi a sua "*concepção idealizada de limpeza, clareza, simplicidade, alegria e fidelidade aos materiais da natureza*"⁴⁴. É nesta fidelidade aos materiais da natureza que se encontra paralelismo com este trabalho, pois sempre foi um objetivo manter uma relação com a natureza e materiais locais.

Como se refere anteriormente partiu-se para este projeto com a ideia de natureza e relação com esta sempre presente. Assim, perante uma envolvente simplesmente deslumbrante conclui-se que por mais efêmera que fosse a intervenção devia ser na mesma bastante discreta. Surgiu assim a ideia de mimetizar o módulo na paisagem. Para tal decidiu-se deixar a composição da parede em tosco, com o osb à vista, e envolvendo todo o módulo a vidro. A ideia passa por utilizar o vidro e a luz natural para refletir a envolvente, criando assim um mimetismo, quase que camuflando a construção na natureza.

O que resulta desta abordagem é um módulo envolto em vidro, com caixilharia de madeira, com um ritmo dinâmico, em que parte do vidro funciona como portas e têm relação com as aberturas da volumetria. A restante porção de vidro deixa vislumbrar por entre os

⁴⁴ Taut, Bruno. *Fundamentals of Japanese architecture*. Kokusai bunka shinkokai (The Society for International Cultural Relations), 1936.

reflexos da envolvente a textura do osb resultando assim numa peça simples e elegante, à imagem da tradição nipónica.

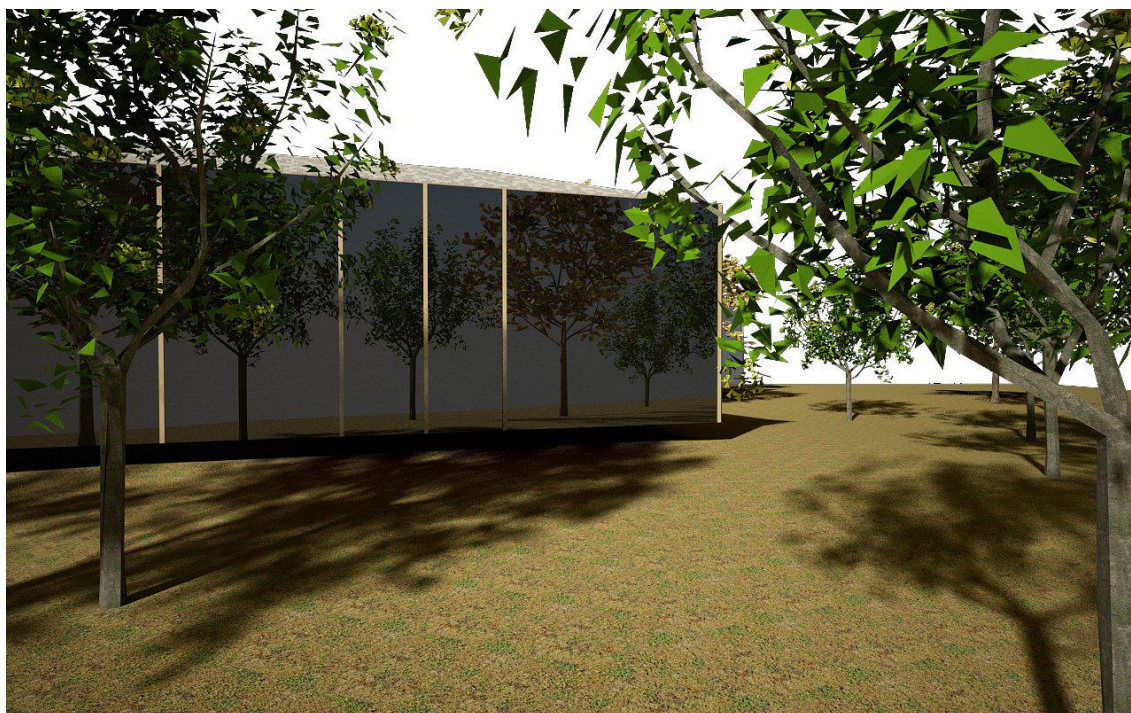


Figura 78 - representação 3D

A modelação de caixilharia obedeceu a alguns critérios de composição como a utilização de formas puras (quadrados) e retângulos de proporção áurea (retângulos de ouro).

Contudo, a utilização de janelas a toda a volta não é inocente pois, uma vez mais, utiliza-se a natureza para informar o projeto. Estes panos de vidro possibilitam a criação de paredes

trombe que, associadas ao facto de a envolvente próxima ser composta por árvores de folha caduca, regulam a temperatura do ambiente interior. Sendo de folha caduca, as árvores deixam o sol penetrar durante o inverno, aquecendo as paredes trombe, ao contrário do que acontece no verão em que as árvores se enchem de folhas e sombreiam as paredes dos módulos. Consegue-se assim, através da natureza da envolvente, reagir aos fatores climáticos locais descritos acima. Para potenciar este fenómeno as paredes são preenchidas com lascas de madeira de maneira a aumentar a inércia térmica dos módulos pré-fabricados.

Para este efeito de parede trombe desenvolveu-se uma caixilharia em madeira que encerra o espaço entre o vidro e a parede, deixando a parte inferior aberta para ventilação. Em termos de caixilharia optou-se por idealizar uma que fosse bastante discreta e que conseguisse esconder as aberturas sem existir uma variação na caixilharia.

Em termos de remates optou-se por realizar um remate em madeira maciça. Este, como já foi referido, consiste na colocação de um elemento maciço de madeira nos cunhais do edifício, sendo que neste caso rematam com a caixilharia, parecendo um elemento comum à mesma.

Em termos de cobertura optou-se por utilizar uma cobertura de quatro águas composta por elementos de madeira que, com a inclinação, funcionam como telhas. É uma peça como a imagem que se segue:



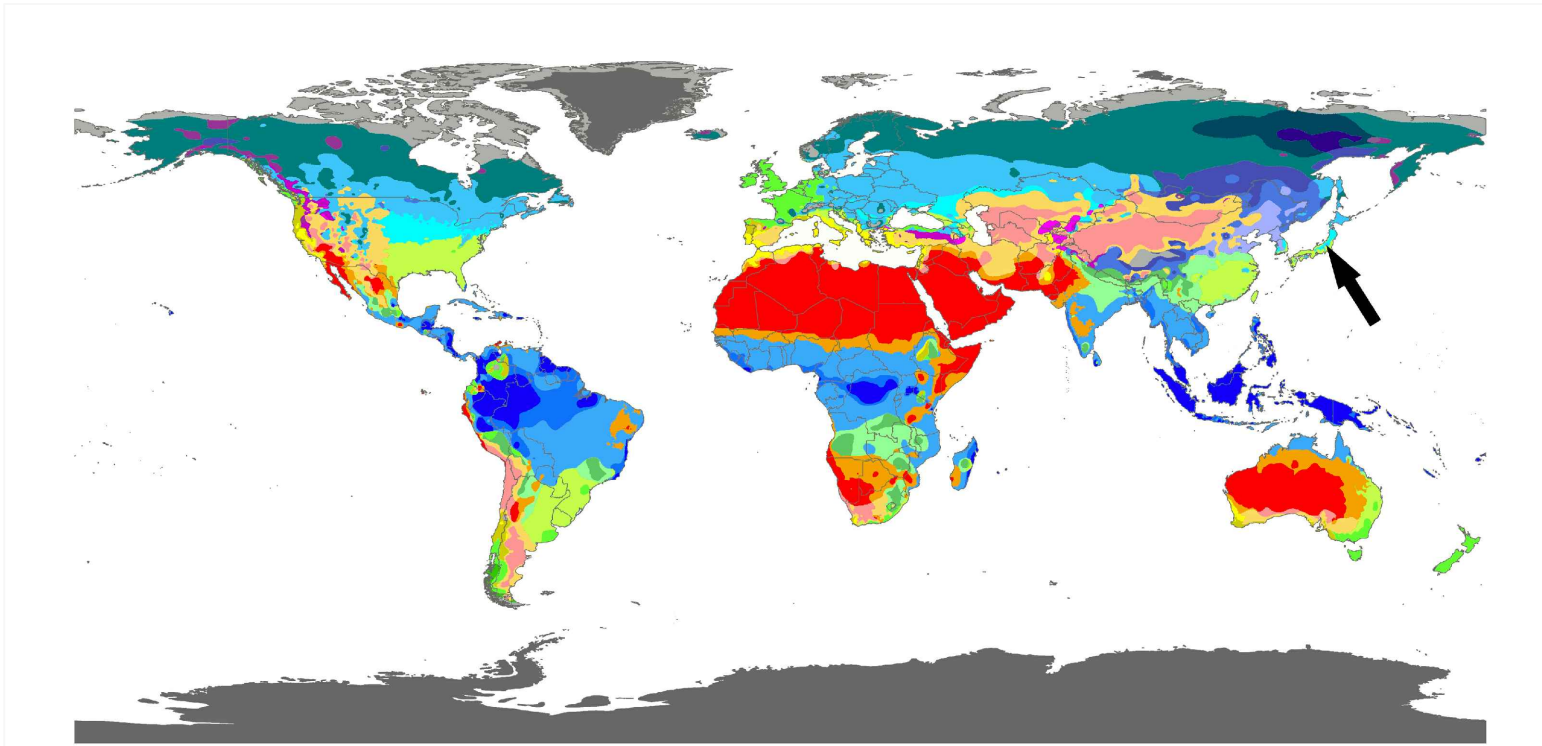
Figura 79 - telhado em madeira ⁴⁵

No que refere a estes módulos falta mencionar o facto de estes se encontrarem elevados do solo, de maneira a proteger as peças de madeira da água e que em torno de cada módulo é

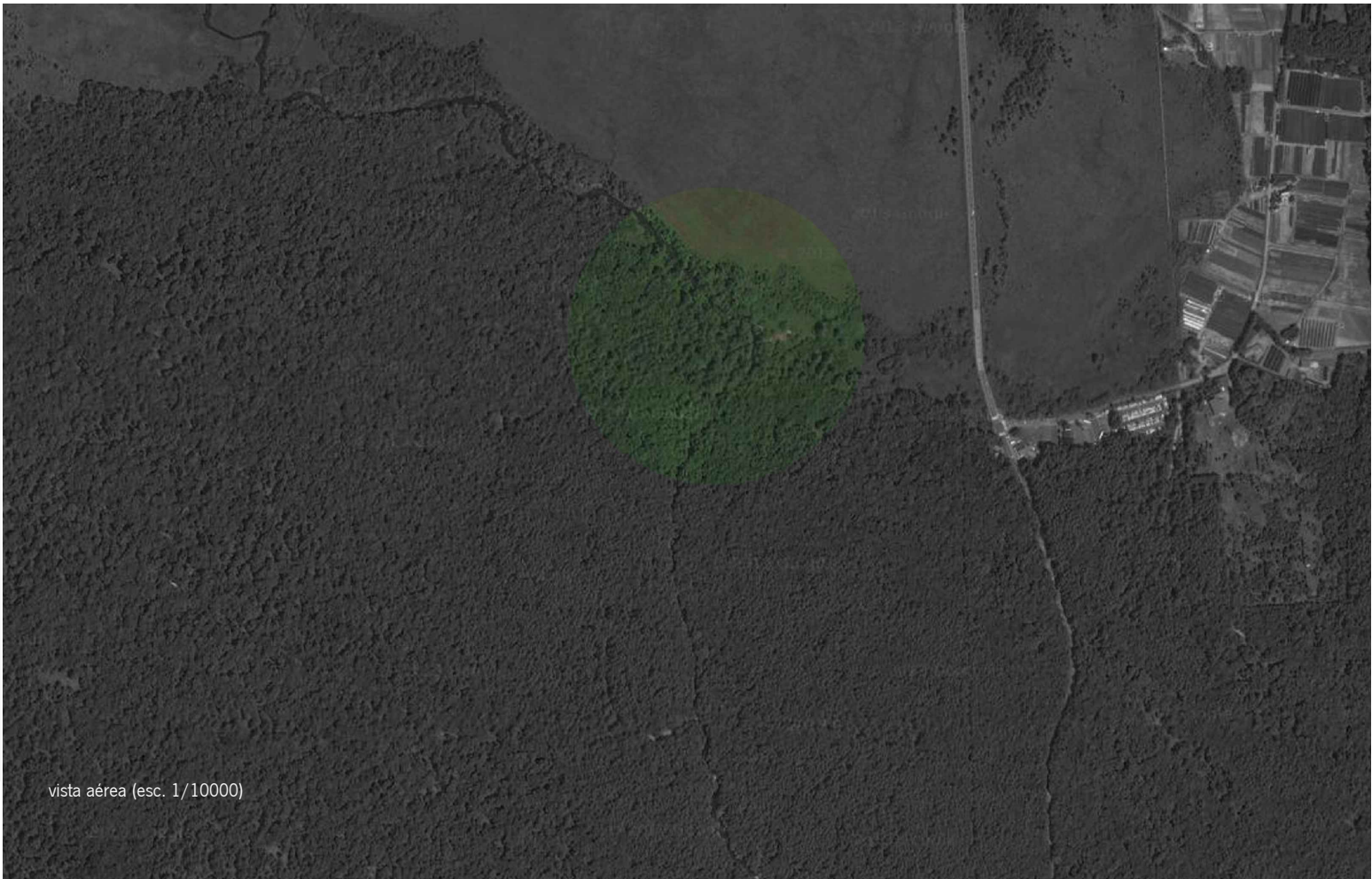
⁴⁵ Telhado em madeira. Imagem retirada de: <http://www.efeitomadeira.com/produtos-servicos#menu>

plantada vegetação de maneira a impedir que a ação indireta da chuva tenha um efeito nefasto sobre a parte inferior dos módulos.

Presse-se assim a relação destes módulos com a natureza e a ligação interior-exterior, numa clara relação com elementos da tradição japonesa.



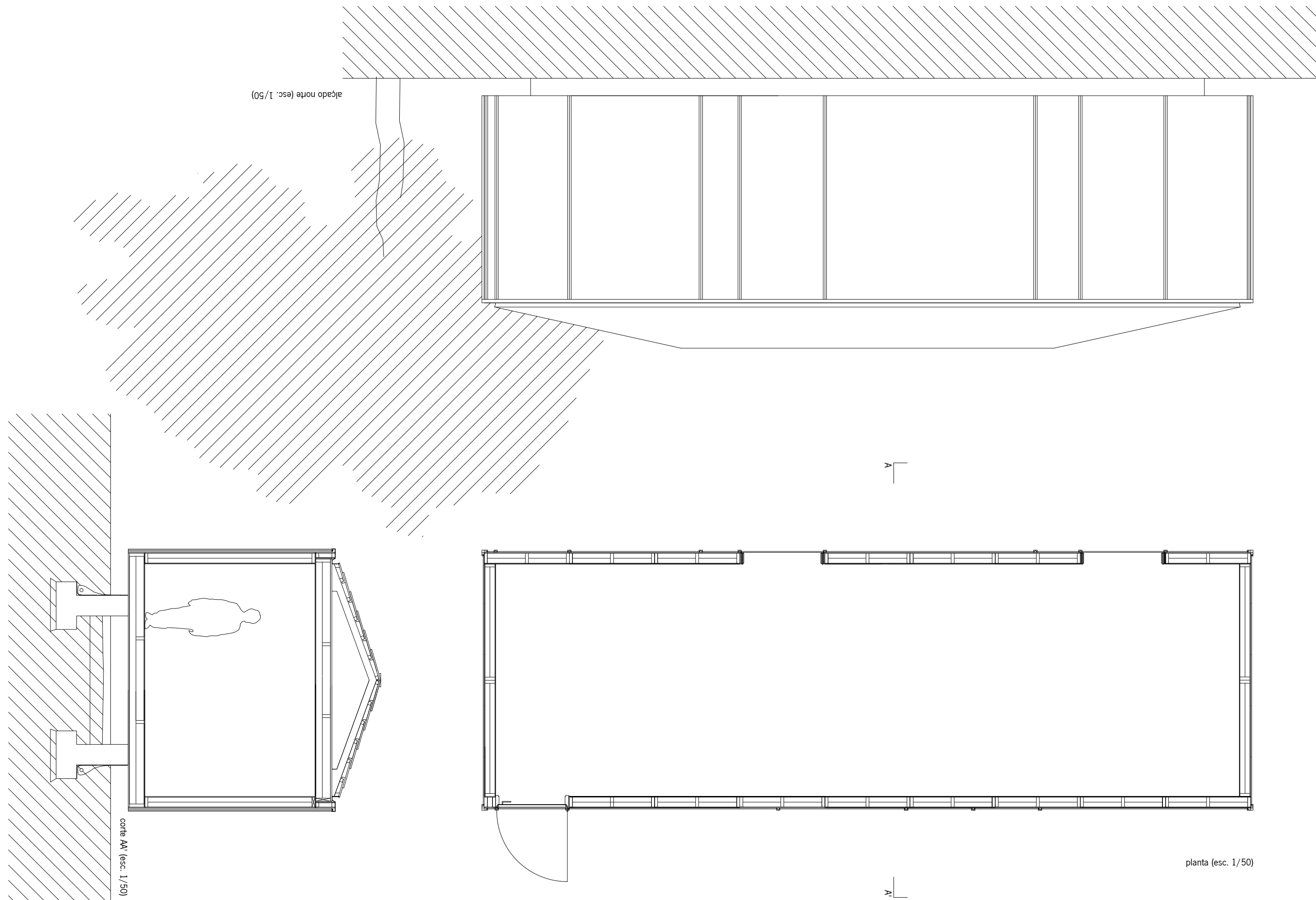
mapa climático



vista aérea (esc. 1/10000)

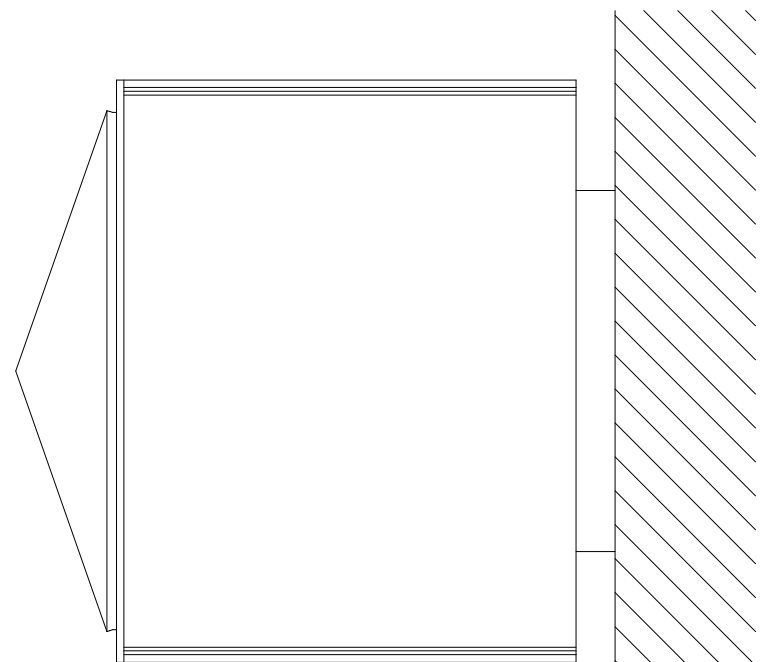


planta de implantação (esc. 1/500)

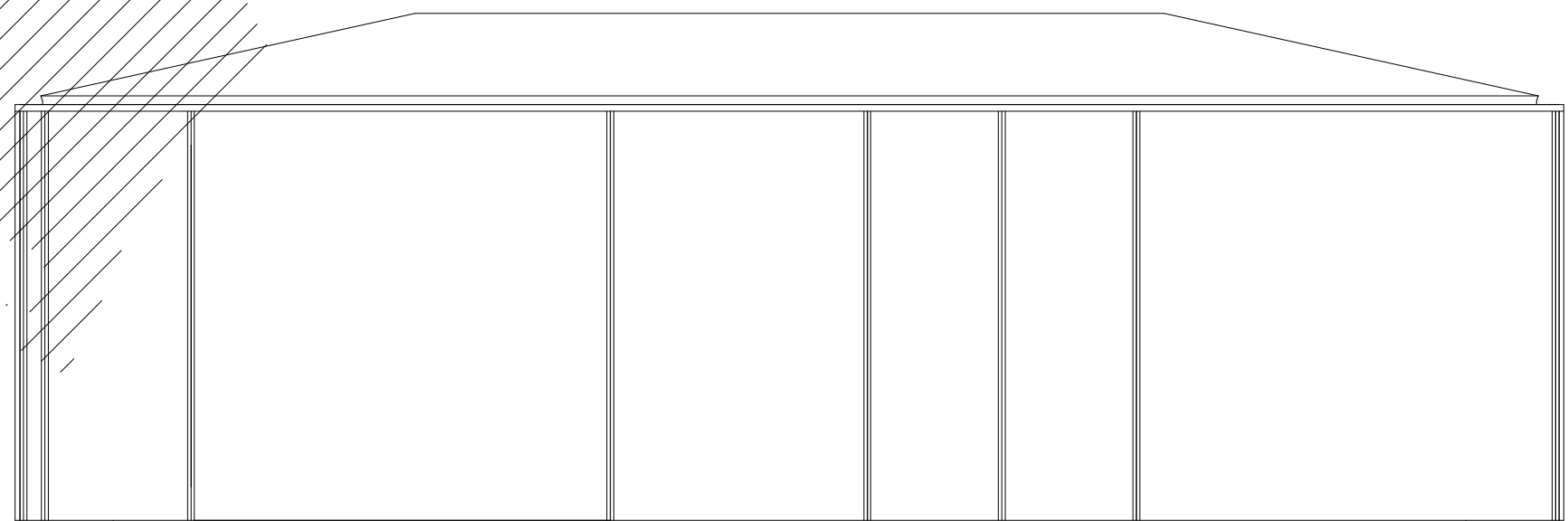




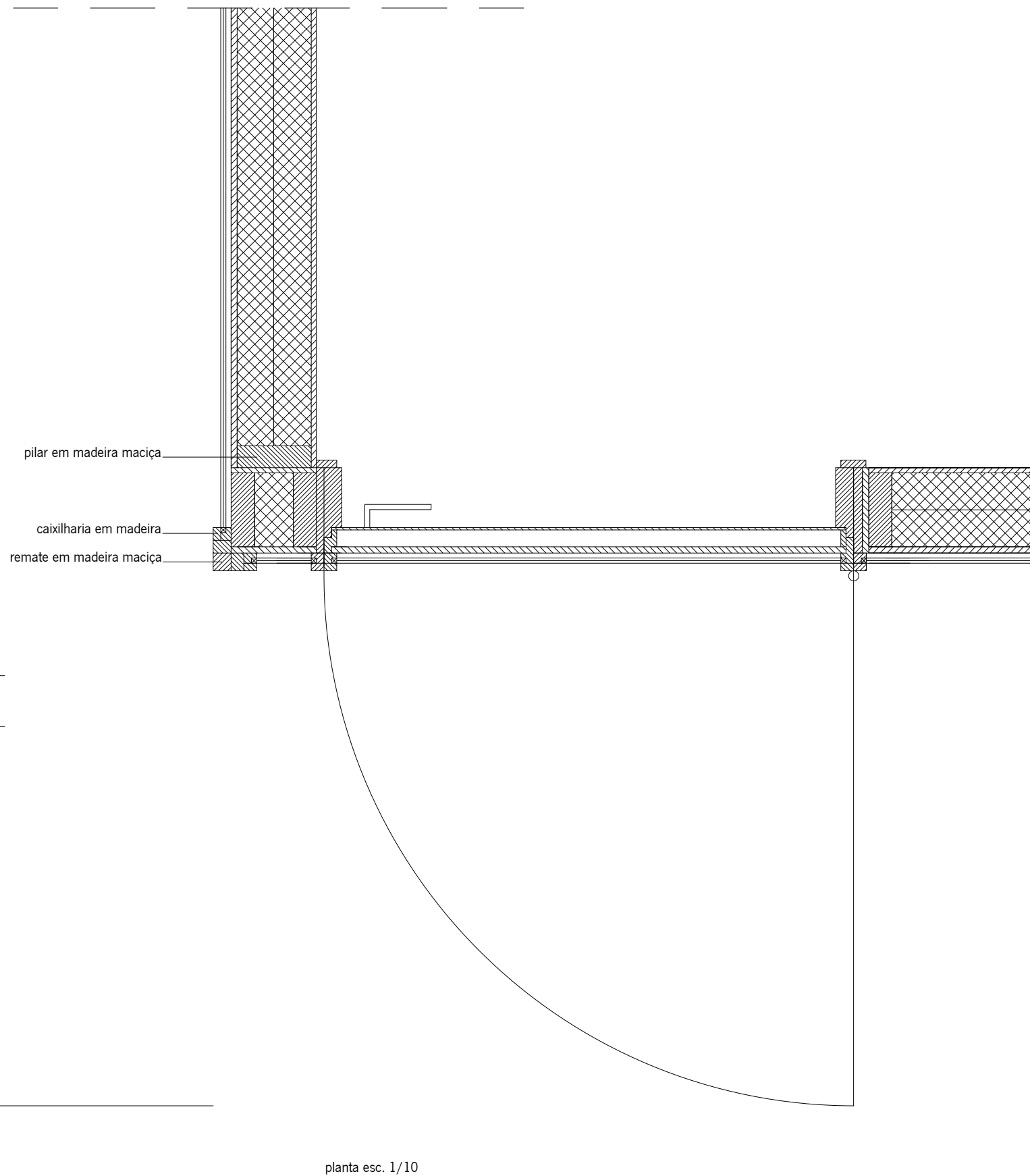
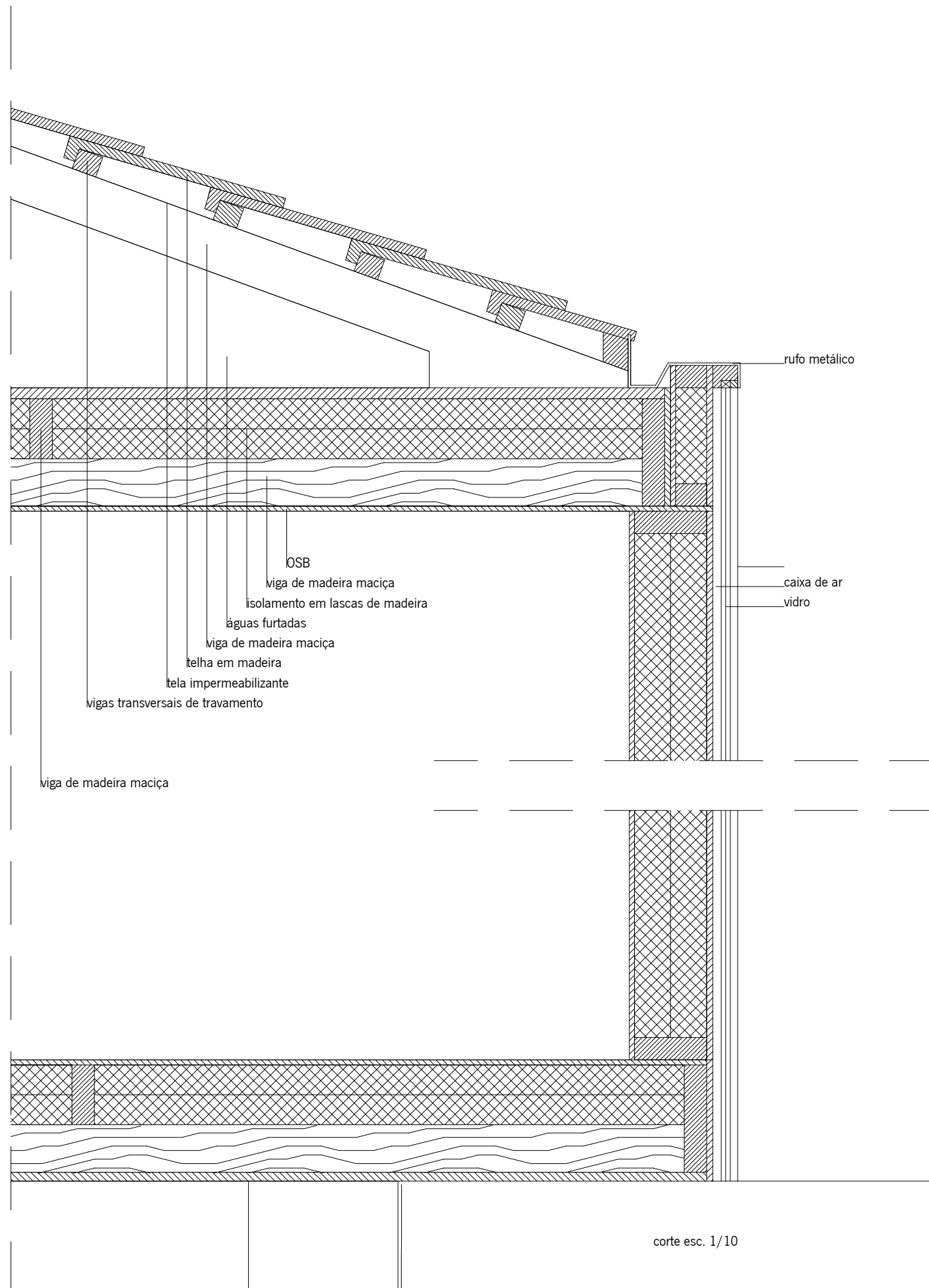
planta de cobertura (esc. 1/50)



alçado Este (esc. 1/50)



alçado sul (esc. 1/50)



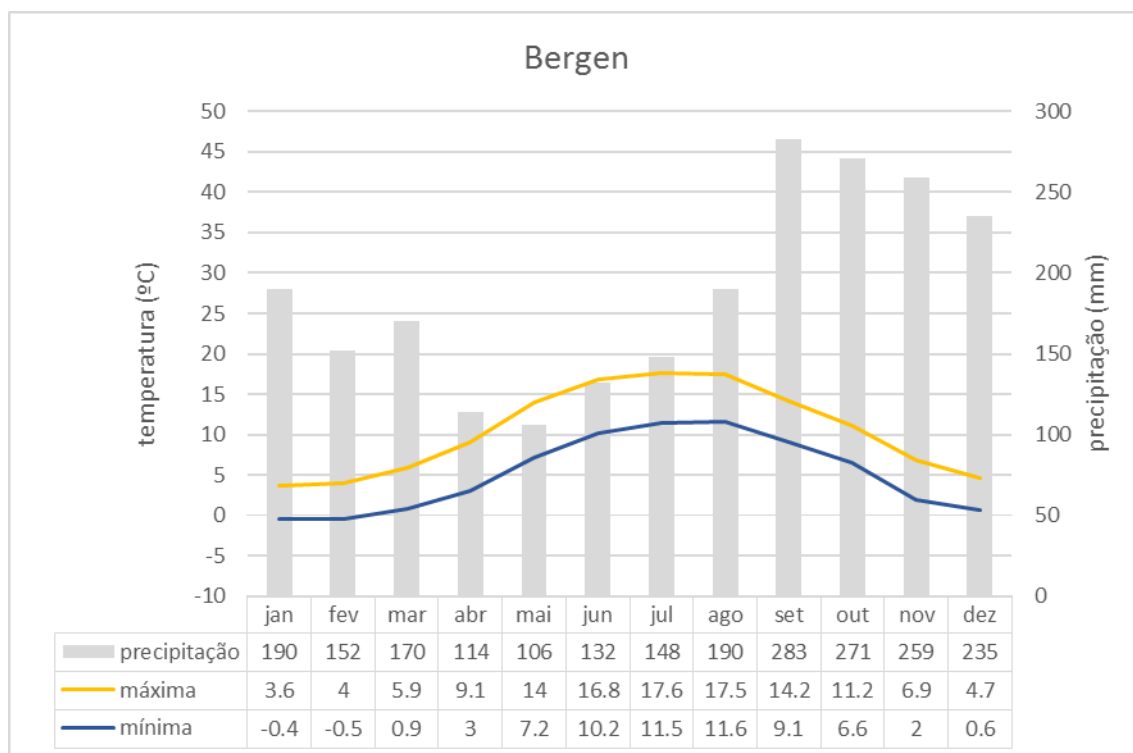
E – Bergen (ET)

O local de clima E escolhido foi a cidade de Bergen, na Noruega, mais concretamente da rua Fjellveien, número 60. Esta escolha recaiu em Bergen pois é a segunda cidade mais populosa do país e a mais populosa que se encontra numa zona de classificação climática E. Tratando-se de um país economicamente saudável é um mercado apetecível para as indústrias exportadoras portuguesas, sendo que o mercado da construção não constitui uma exceção.

Em termos climáticos Bergen encontra-se localizada numa zona de classificação ET que se refere a zonas de clima polar de tundra. Este é caracterizado pelo facto de a temperatura

média anual ser inferior a 10°C e, no caso específico do clima de tundra, de ter no mês mais quente a temperatura superior a 0°C. Outra das características destes climas é a existência de um verão suave, praticamente ausente, algo que se pode comprovar pelo gráfico que se segue.

Gráfico 5 - Temperatura e precipitação anual na cidade de Bergen, Noruega⁴⁶



A escolha específica da rua Fjellveien justifica-se pela localização da mesma, visto tratar-se de uma rua que acompanha o desenho topográfico de uma encosta virada a sudoeste. A orientação da rua adquire uma importância determinante quando consideramos o clima no qual se implanta a habitação. Tratando-se de um clima tendencialmente frio, com poucas horas de sol, é da maior pertinência tentar aproveitar toda a luz solar possível. Assim, implantando o módulo nesta encosta este pode ser rodado e orientado para sul, sem que haja qualquer obstrução que impossibilite o maior aproveitamento possível do elemento sol.

⁴⁶ Dados retirados de <http://www.weatherbase.com/>

De inspiração na construção vernácula Norueguesa decidiu-se projetar o módulo para que este pudesse ter uma configuração no verão e outra no inverno. Isto porque na construção vernácula Norueguesa existe um núcleo central, de maior massa térmica, utilizado no inverno, pela capacidade de armazenar o calor e proteger do frio, e existe uma parte com menor massa térmica, usada no verão, que amplia a área útil da casa.



Figura 80 - Casas Vernaculares Norueguesas (Hovden)

Com esta referência como exemplo, reinterpreta-se este conceito de versatilidade e projeta-se para o módulo a capacidade de ter um funcionamento no verão e outro no inverno. Para tal muito contribuiu o espaço ganho com a cobertura inclinada que se realizou devido à neve. De forma a que esta não ficasse depositada, idealizou-se uma cobertura com inclinação, o que permitiu ganhar área útil num piso superior que até então não existia.

No espaço ganho pela cobertura decidiu-se fazer uma greenhouse, uma espécie de estufa, virada a sul, que permite aproveitar toda a luz solar disponível. Assim sendo, e fazendo a analogia com a habitação vernacular Norueguesa, existem dois elementos, o módulo original que funciona como a zona mais interior da habitação e por contraponto o espaço a sul, as escadas e a greenhouse como elementos de menor massa térmica e com maior relação com o exterior. Alcança-se assim uma reinterpretação da tradição sem perder a conceção contemporânea de habitação.

Em termos de implantação o módulo localiza-se na diagonal com a rua de maneira a que a fachada maior esteja orientada perfeitamente a sul, potenciando os ganhos térmicos. Como o terreno tem uma grande pendente o módulo é elevado do solo e a entrada faz-se de nível, por via de um passadiço, que acede à antecâmara de entrada.

De modo a potenciar os ganhos térmicos a fachada a sul é toda em vidro. Associado a esta temos duas características que foram pensadas para potenciar a inércia térmica da habitação. O enchimento das paredes do módulo com lascas de madeira e a colocação de pedras de lousa no chão, tendo em vista a recolha de calor do sol. Devido à orientação dos ventos dominantes este pano vidro duplo precisa de ter espessuras razoáveis para poder sustentar a força do vento e das chuvas.

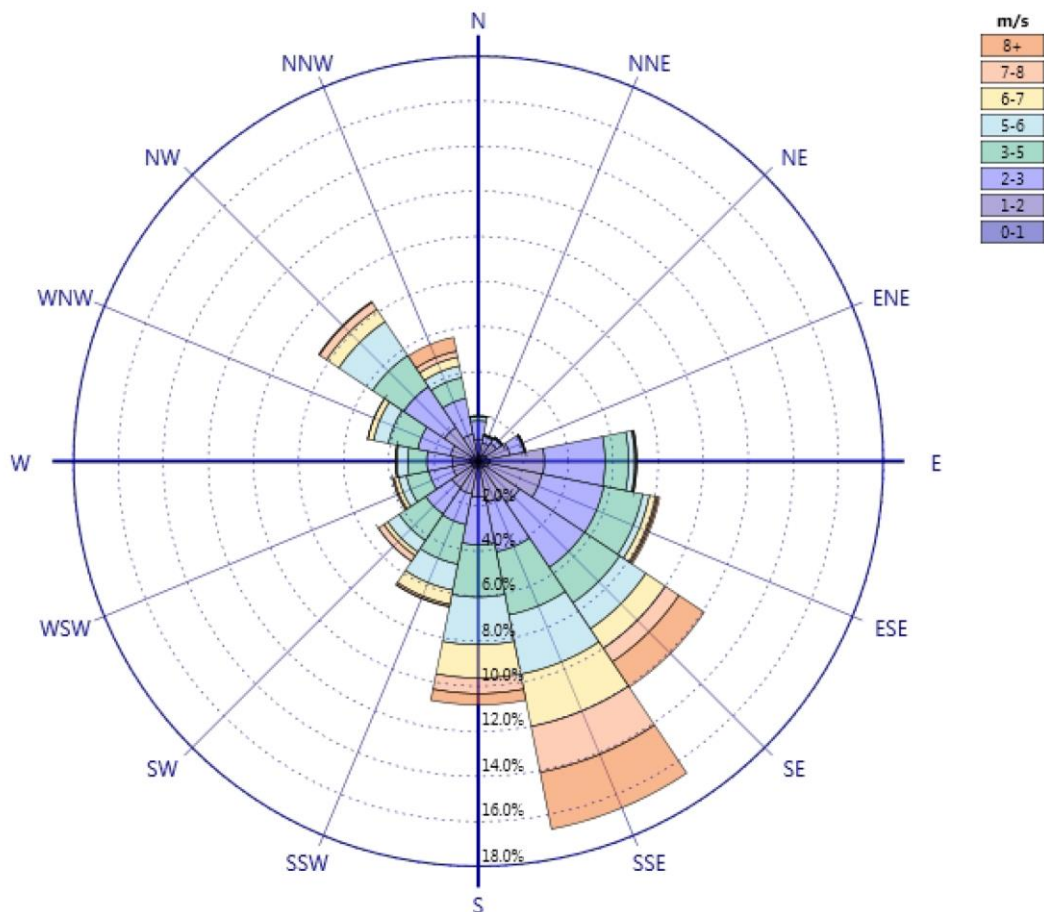


Figura 81 - Ventos dominantes, Bergen

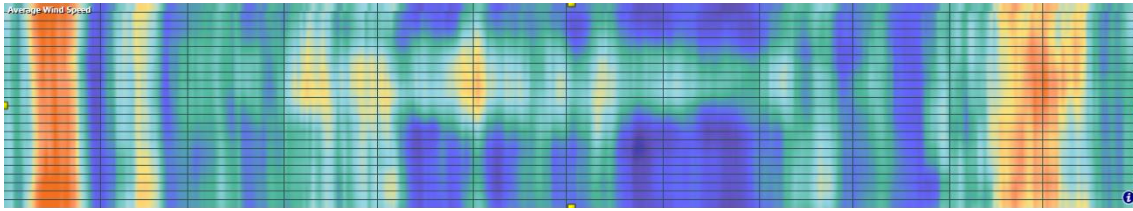


Figura 82 - Intensidade dos ventos por mês, Bergen

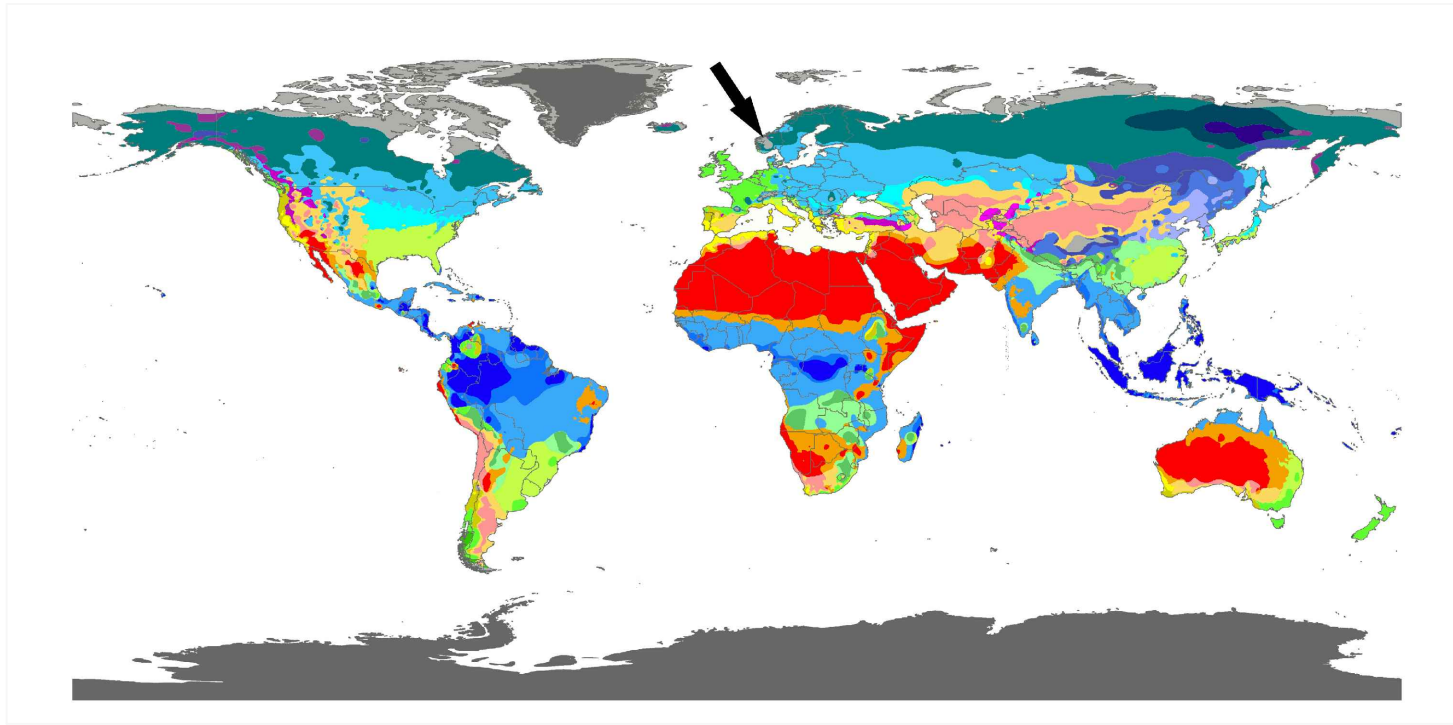
Também relacionada com o vento está o tipo de cobertura escolhida. Como já se referiu anteriormente esta tem uma inclinação acentuada e, com base naquelas que são as construções vernáculas deste país, decidiu-se fazer uma cobertura com vegetação. Apesar de parecer um pouco estranho é um tipo de solução bastante inteligente visto que a vegetação ajuda a sustentar a terra ao mesmo tempo que facilita a descida da neve e da chuva, resolvendo logo à partida a questão do isolamento térmico. Tem também como argumento favorável o facto de terem chegado até nós construções com este tipo de coberturas já com centenas de anos. Pelo facto de ser uma cobertura vegetal, era necessário evitar que esta fosse sujeita a grandes ventos e neste aspeto deu-se a feliz coincidência de os ventos dominantes virem de Sudeste, estando assim a cobertura protegida pela fachada sul, a mais alta do edifício.

As restantes fachadas são em ripado horizontal de madeira, seguindo a tradição das casas de Bergen.



Figura 83 - Casas típicas de Bergen

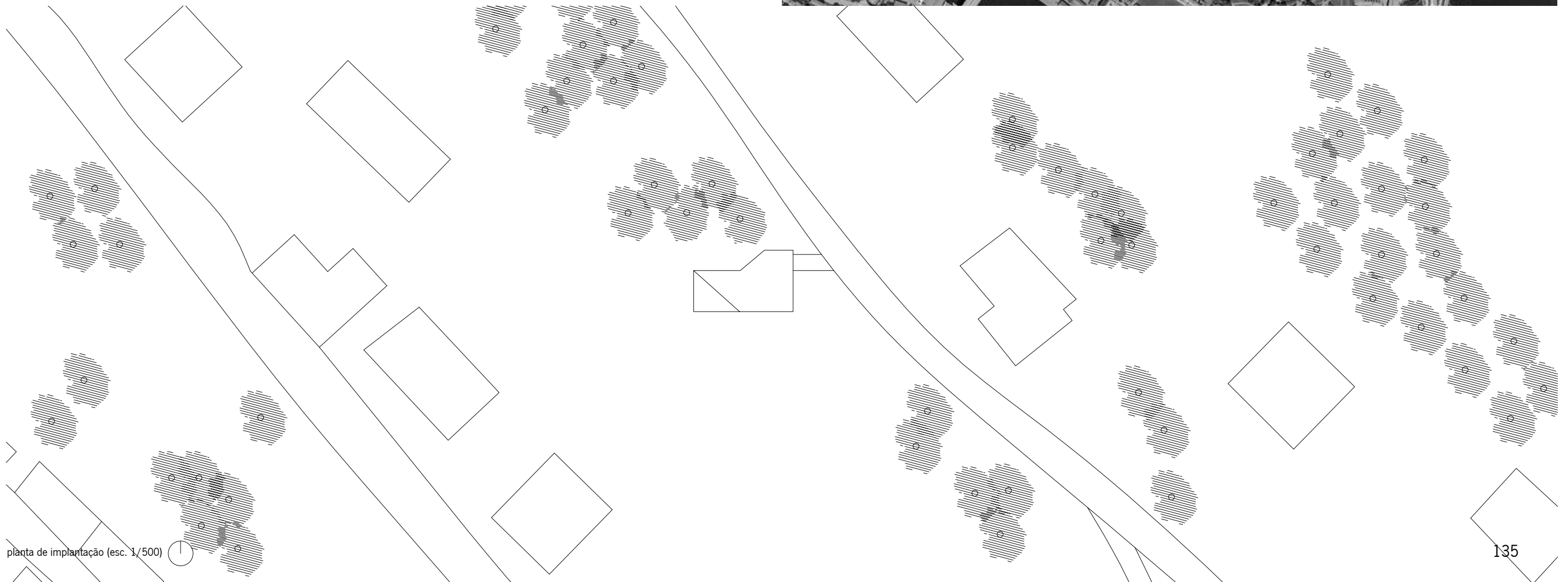
No que toca aos remates optou-se por realizar um remate com um elemento maciço de madeira. Este método transmite uma coerência geral al edifício, estabelecendo um diálogo com os elementos verticais da fachada a sul. Este remate consiste na colocação de um elemento vertical maciço, que se adossa aos montantes de fixação do revestimento, realizando assim o cunhal do edifício.



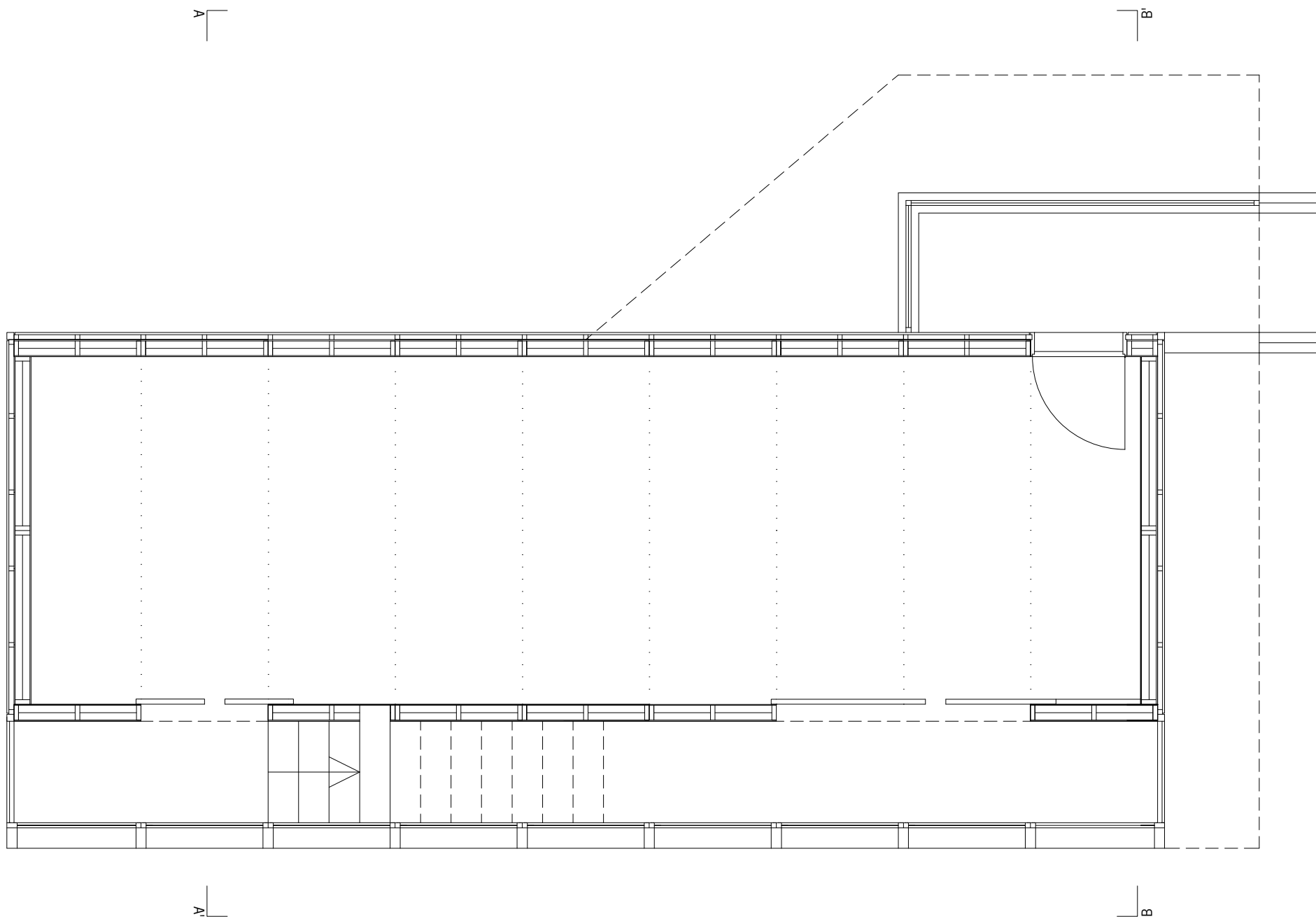
mapa climático



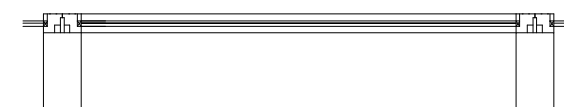
vista aérea (esc. 1/10000)



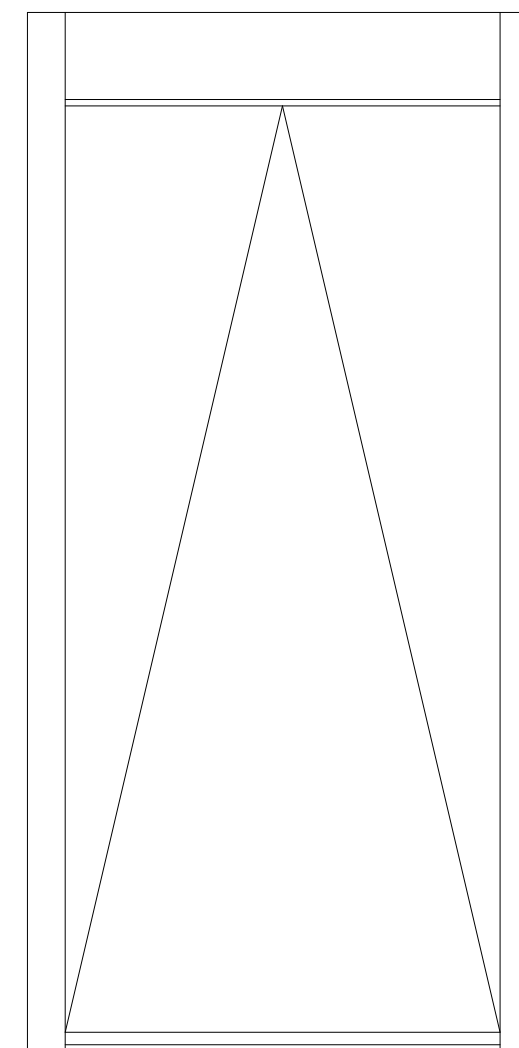
planta de implantação (esc. 1/500)



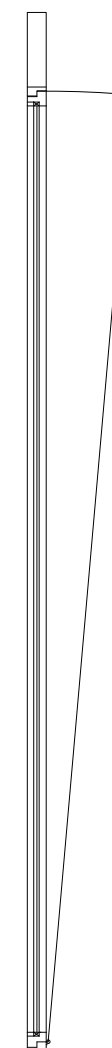
planta (esc. 1/50)



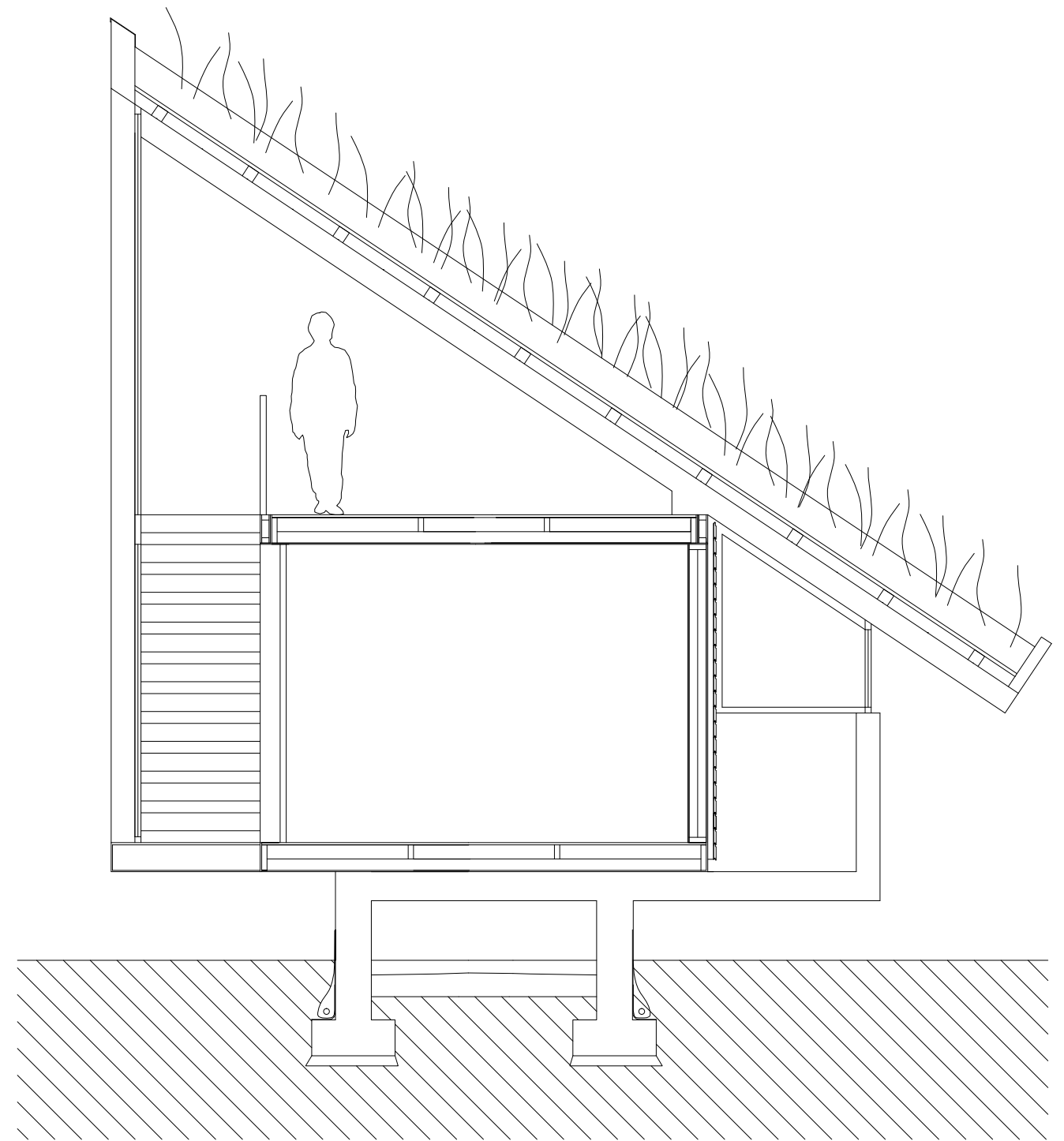
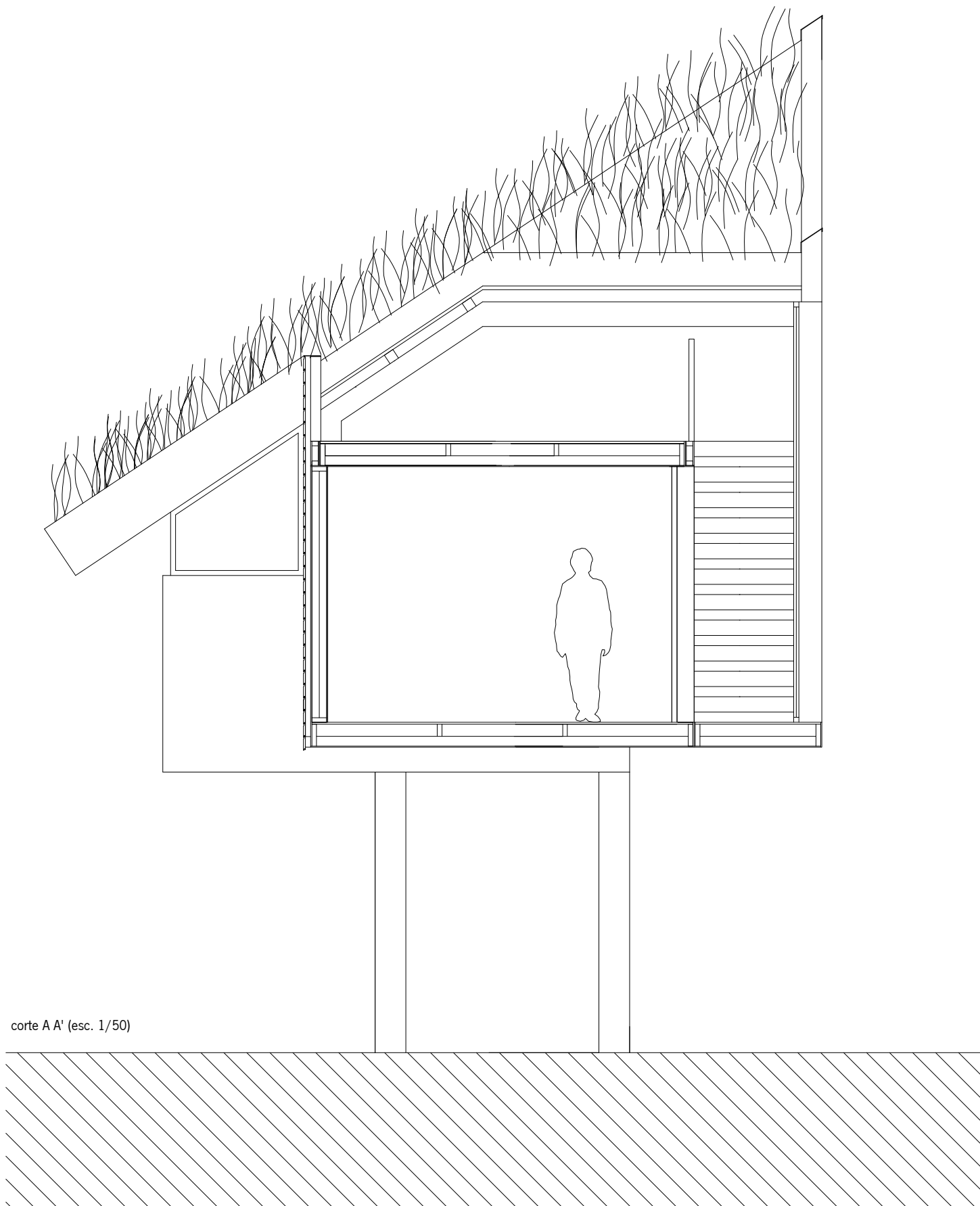
planta-janela (esc. 1/20)

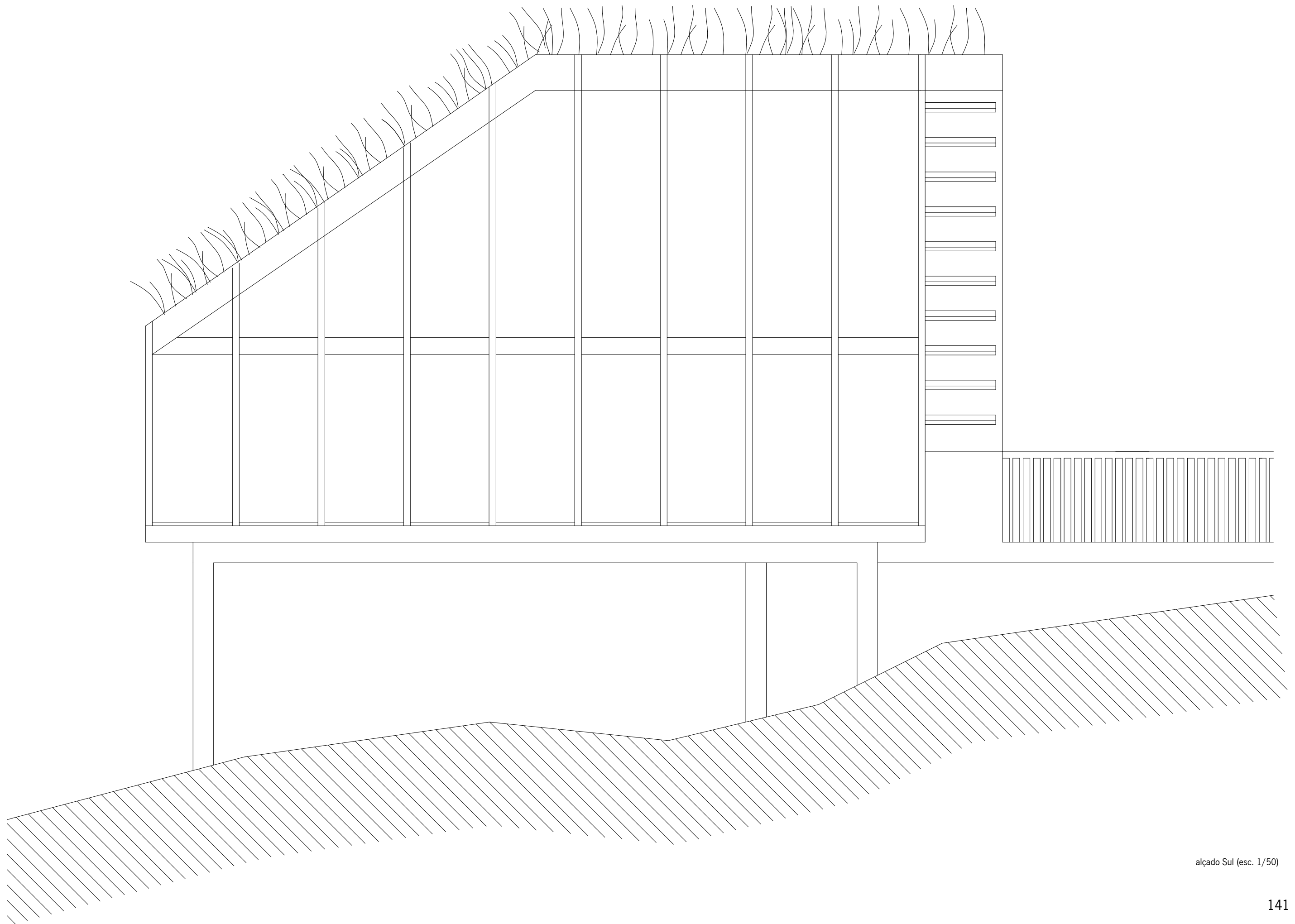


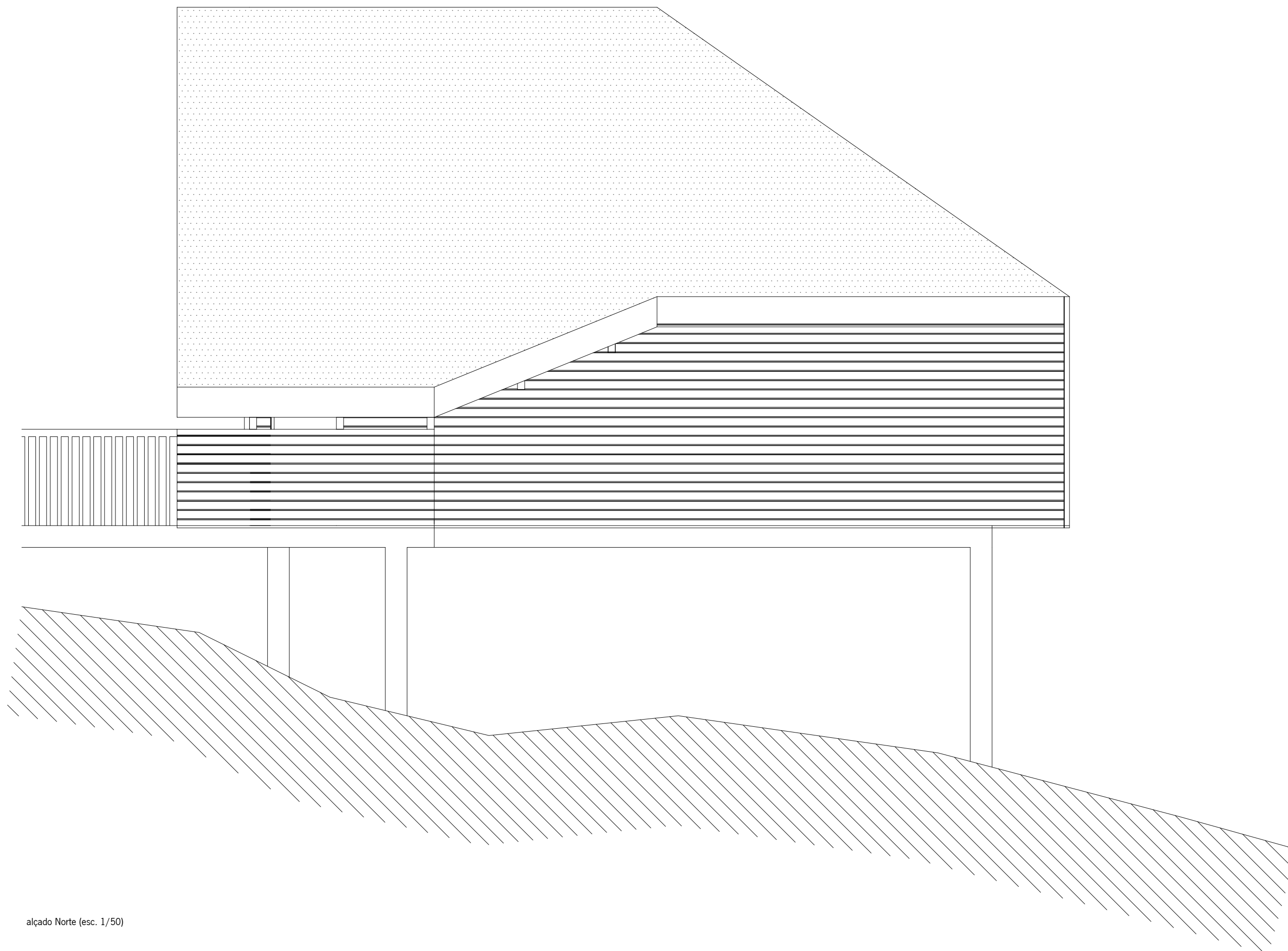
alçado-janela (esc. 1/20)

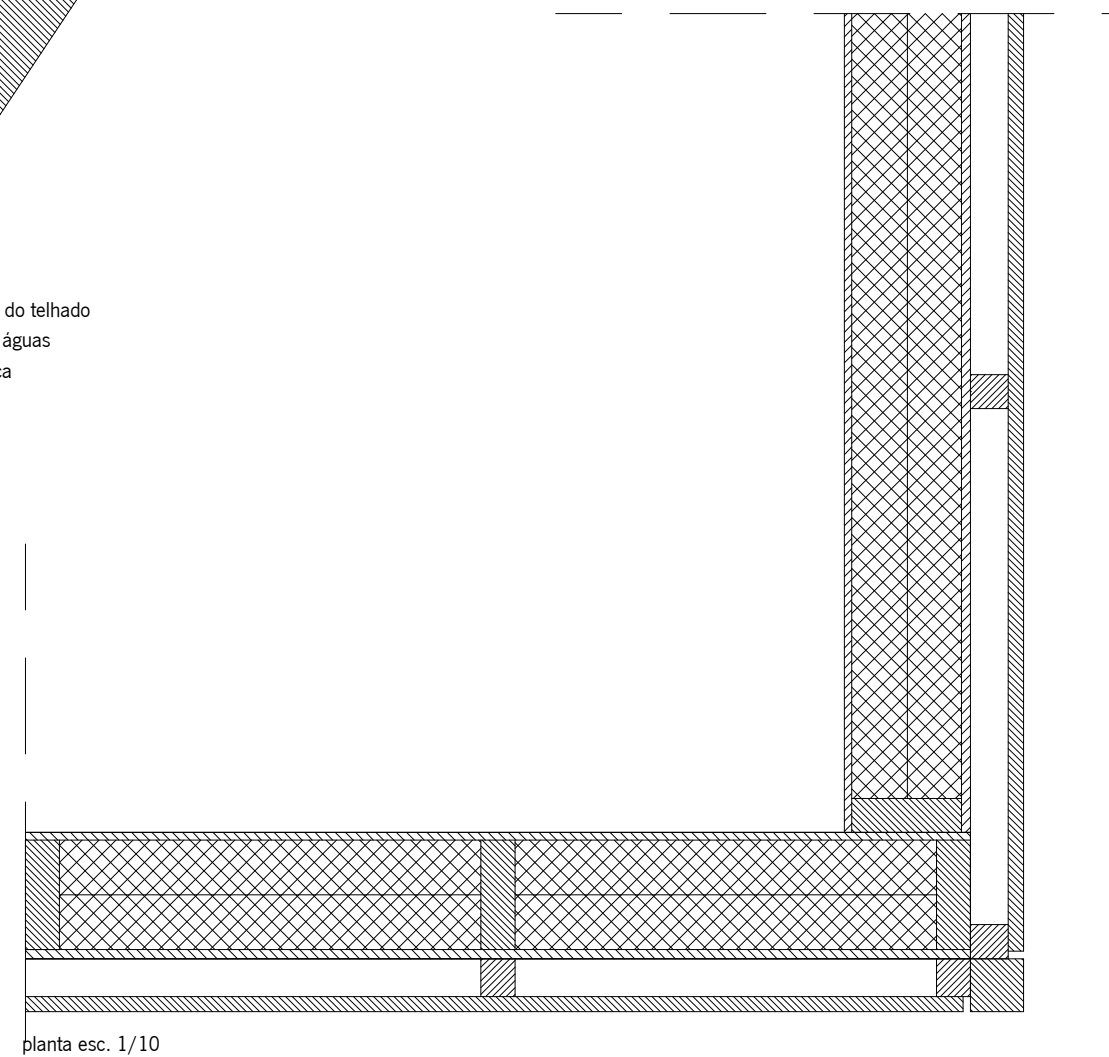
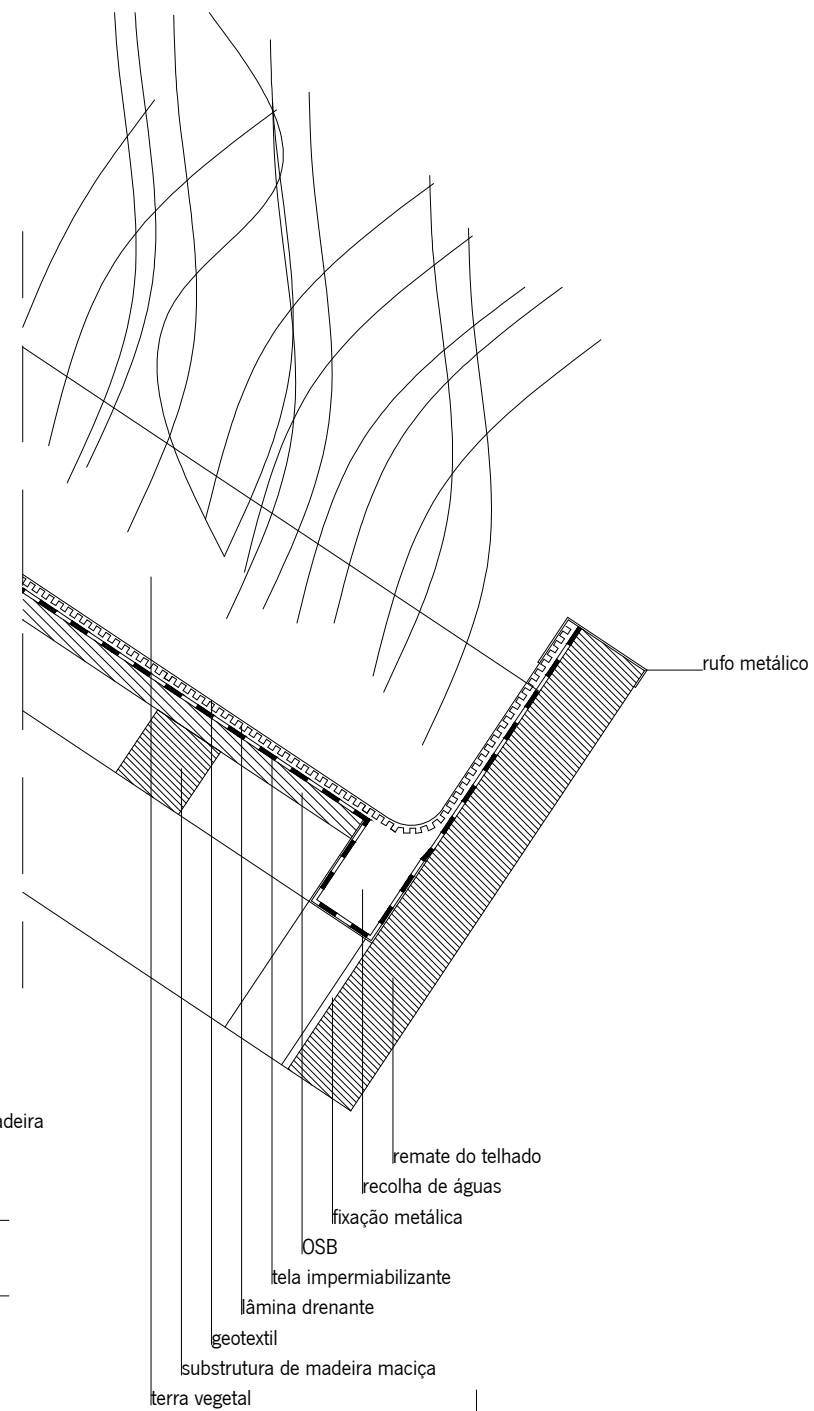
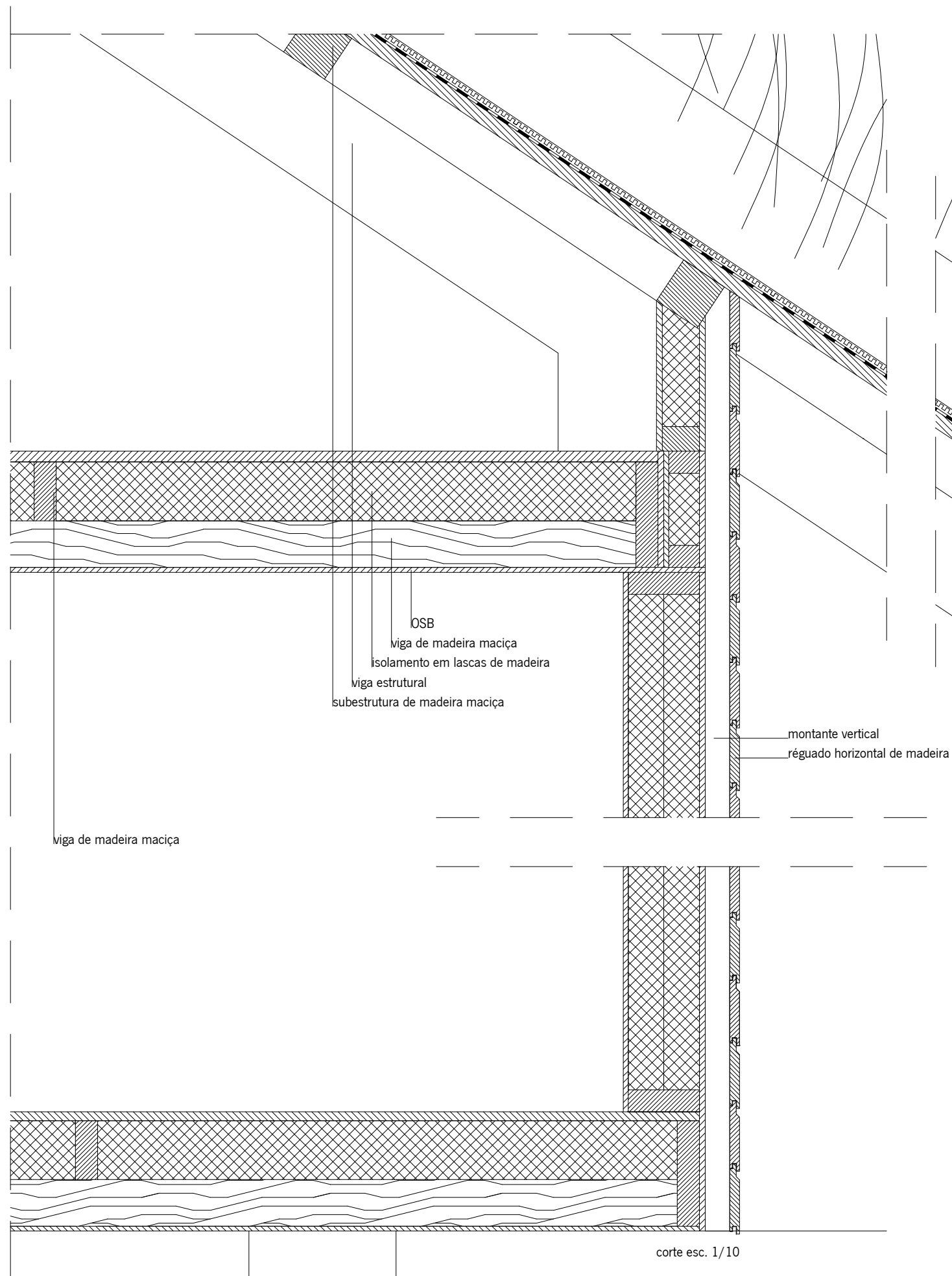


corte-janela (esc. 1/20)









Conclusão

No início deste trabalho apresentaram-se as inquietações e as motivações. Pretendia-se elaborar um trabalho que conseguisse explorar a madeira como revestimento exterior, ao mesmo tempo que se servia do elemento fachada como mediador entre a pré-fabricação e as características do lugar. Face a estes pressupostos montou-se um Projeto, assente numa base teórica prévia sobre fachadas em madeira, procurando contudo explorar tradições, características climáticas, fatores sociais, etc. que pudessem trazer ao projeto a sempre valorizadora multidisciplinaridade.

Iniciou-se fazendo uma reflexão sobre a fachada e a maneira como esta intervém na composição do espaço, quer interior como exterior, e na maneira como a fachada influencia uma série de condicionantes na habitabilidade de um espaço. Refletiu-se também sobre a escolha da madeira como material e concluiu-se que é um material de enorme potencial e que tem uma grande vantagem pois é naturalmente renovável.

De seguida construiu-se a referida base de dados, uma espécie de menu de soluções construtivas para fachadas em madeira. O objetivo era ter um elemento que permitisse ser consultado no momento de tomada de decisões e que pudesse servir como elemento útil ao longo do tempo. Começou-se por analisar os vários sistemas de fixação. O sistema de montantes de madeira, sejam eles verticais ou horizontais; o sistema de fixação por perfis metálicos; e o sistema misto de subestrutura de madeira com a perfis metálicos. A estas noções adicionou-se o conhecimento dos diferentes tipos de fixação. Ancoragem por cavilhas ou discos, ancoragem por grampos, ancoragem linear, ancoragem no tardo e fixação por parafusos, pregos e rebites. De seguida compilou-se um catálogo de revestimentos que visava os tipos de utilização de madeira maciça e os seus remates, a madeira modificada e os derivados da madeira. Concluiu-se que um uso adequado dos sistemas construtivos, com os devidos remates e fixações é um sistema complexo mas apenas com estes cuidados é possível garantir a durabilidade de um revestimento em madeira.

Partiu-se depois para o Projeto, antecedendo-o de uma análise do caso de estudo e dos locais no qual se implantou o módulo pré-fabricado. O módulo escolhido foi um projeto QREN que está a ser desenvolvido pela Universidade do Minho. Este facto permitiu uma aproximação à

realidade construtiva, elemento de relevo quando se trabalha as fachadas para um caso de estudo concreto.

Definido o caso de estudo efetuou-se a definição dos locais de implantação. Para tal foi decidido que se iria colocar um módulo por cada grande grupo da classificação climática de Köppen-Geiger. Assim, associando a esta restrição fatores socioeconómicos e culturais conseguiu-se definir os cinco locais de implantação. Foram estes o Rio de Janeiro no Brasil, Tete em Moçambique, Viana do Castelo em Portugal, Nikko no Japão e, por fim, Bergen na Noruega.

No Rio de Janeiro o local de implantação era inserido num contexto urbano já consolidado e para o qual se propôs um forte movimento de terras, de maneira a criar uma barreira contra a poluição sonora da Avenida que limitava o terreno, ao mesmo tempo que se criava uma área social de interação entre habitantes. Após um cuidadoso estudo solar constatou-se que o revestimento era sujeito a muitas variações de irradiação solar. Como tal decidiu-se projetar um revestimento com base nestas variações, assumindo logo à partida estas variações como conceito de composição da fachada.

Foi assim possível concluir que a irradiação solar, que influencia bastante o desgaste da madeira, pode ser encarado como uma mais-valia, quando integrado de forma consistente no momento de projeto.

Em Tete decidiu-se projetar um conjunto habitacional. Localizado numa zona da cidade de evolução informal, de construção precária, o objetivo passou por dotar uma área de habitação modular que pudesse ser replicada noutros locais desta cidade informal. Para isto foram utilizados vários elementos para um arrefecimento passivo das habitações e estabeleceram-se relações de proximidade com a articulação e criação de espaços públicos definidos. Tentou-se contudo manter a versatilidade, e para tal foi criado um sistema de portadas que permite que os módulos se liguem entre si, podendo assim uma família deter, por exemplo, três módulos, e a família vizinha só deter um. Esta versatilidade aumenta o valor das edificações e o tempo de vida das mesmas, podendo adaptar-se à evolução económica e de agregado familiar.

Para Viana do Castelo o objetivo era o de produzir uma solução arrojada, que chocasse com as soluções tipo existentes. Partindo da inspiração na tradição da cestaria local desenvolveu-se uma solução em que, utilizando a flexibilidade da madeira, compôs-se a fachada através de peças que se entrelaçam, criando um ritmo e uma textura muito dinâmica. Conclui-se que, quando utilizada levando ao extremo as suas propriedades, a madeira pode ser, e é, um material extremamente inovador e com grande margem de investigação.

Para o parque nacional de Nikko, um parque de categoria II, queria-se explorar o carácter prefabricado no módulo. Assim, este podia ser montado e desmontado sem perturbar em demasia o lugar, que é protegido legalmente. De forma a mimetiza-lo na paisagem decidiu-se revesti-lo a vidro, funcionando como parede trombe e como uma espécie de espelho que reflete a belíssima envolvente. Concluiu-se que a prefabricação tem esta mais-valia de poder ser desmontada com a mesma facilidade com que é assemblingada, o que torna este tipo de construção ideal para situações em que se pretende uma solução temporária e efémera.

Por fim, para Bergen, a tradição também serviu de inspiração para a solução desenvolvida. Olhando para a construção vernacular norueguesa foi possível assimilar as características mais importantes para a edificação de uma solução sustentável para um clima tão severo. As paredes de grande massa térmica, o vão a sul, a cobertura inclinada e o uso da casa como elemento dinâmico com diferenças entre o uso no verão e no inverno foram características que se puderam apreender da tradição e aplicar na contemporaneidade.

Em suma foi possível comprovar que a prefabricação, com a devida manipulação, pode-se integrar com harmonia em zonas tão distintas como aquelas que serviram de casos de estudo a este trabalho. Foi também possível constatar a versatilidade e as mais-valias da madeira como elemento para revestimento exterior ao mesmo tempo que se levou a cabo uma reflexão sobre a fachada como elemento chave na consolidação das cidades e na articulação com a envolvente próxima e com o contexto social do local onde se insere.

Referências Bibliográficas

- Barbosa, Ivo Vaz, e Jorge M. Branco. "Pele em madeira." *Casas de Madeira - n°20*, 2013: 52-54.
- Beinhauer, Peter. *Atlas de detalhes construtivos*. GG, 2005.
- Bixby, Dana. "Building Skin as a Connector - Not a Representation." *7th International Space Syntaz Symposium*. Estocolmo, 2009. 010:1, 010:10.
- Branco, Jorge M. "Casas de madeira : da tradição aos novos desafios." Em *Casas de Madeira - Seminário*, de Jorge M. Branco, Paulo B. Lourenço, Helena Cruz, Lina Nunes e (eds.), 75-86. Lisboa: Universidade do Minho, 2013.
- Cachim, Paulo Barreto. *Construções em madeira - a madeira como material de construção*. Porto: publindústria, 2007.
- Caeiro, João. *Construção em Bambu*. Dissertação de Mestrado, Lisboa: FAUTL, 2010.
- Coelho, A., J. Branco, e H. Gervásio. "H. Life-cycle assessment of a single-family timber house." *BSA 2012 - 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*. Porto: Green Lines Institute / Universidade do Minho, 2012. 533-540.
- Dudley, Nigel (ed.). *Guidelines for Applying Protected*. Gland, Switzerland: IUCN, 2008.
- Guedes, Manuel. *Arquitetura Sustentável em Moçambique - manual de boas práticas*. CPLP, s.d.
- Hegger, Manfred. *Construction materials manual*. Birkhäuser, 2006.
- Hislop, Patrick. *External timber cladding*. Trada technology, 2007.
- Knaack, Ulrich, Tillmann Klein, Marcel Bilow, e Thomas Auer. *Façades - Principles of construction*. Bassel: Birkhäuser Verlag AG, 2007.
- Kolb, Josef. *Bois : systèmes constructifs*. Paris: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2010.
- L, Youngs Robert. *history, nature, and products of wood*. EOLSS, s.d.
- Leatherbarrow, David, e Moshen Mostafavi. *Surface Architecture*. Cambridge: MIT, 2005.

- Leite, Luís, e Hipólito Sousa. "Avaliação da adaptabilidade da envolvente dos edifícios - alguns casos de estudo de fachadas." *Congresso Construção*. Coimbra, 2012.
- Liébard, Alain, e André de Herde. *Bioclimatic façades*. Somfy, s.d.
- Marques, Luís. *O papel da madeira na sustentabilidade da construção*. Dissertação de Mestrado, Porto: FEUP, 2008.
- Mascaranhas, Jorge. *Sistemas de construção - IX*. Lisboa: Livros Horizonte, 2008.
- Moura, Patrícia Fabiana. "DA FAVELA AO RESIDENCIAL: Reassentamentos populares e modos de vida." Trabalho de Conclusão de Curso, Belo Horizonte, 2010.
- Natterer, Julius, Thomas Herzog, e Michäel Volz. *Construire en bois 2*. Lausanne: LinkPresses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1998.
- Peel, M. C., B. L. Finlayson, e T. A. McMahon. *Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification*. Artigo científico, Copernicus Publications, 2007.
- Ruske, Wolfgang. *Timber construction for trade, industry, administration : basics and projects*. Basel: LinkBirkhäuser, 2007.
- Schittich, Christian. "The high-tech material wood." *Detail - 50*, 2010: 984-988.
- . "discussion." *Detail 48*, 2008: 1246-1248.
- . *In detail building skins : new enlarged edition*. Basel: Birkhäuser, 2006.
- Silva, João. *Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira*. Dissertação de Mestrado, Porto: FEUP, 2008.
- Sousa, Fernando. *Fachadas ventiladas em edifícios - Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento*. Tese de Mestrado, Porto: FEUP, 2010.
- Taut, Bruno. *Fundamentals of Japanese architecture*. Kokusai bunka shinkokai (The Society for International Cultural Relations), 1936.
- Tomlan, Christopher J. *The building skin - recladding as renovation*. s.d.
- Torres, João. *Sistemas construtivos modernos em madeira*. Dissertação de Mestrado, Porto: FEUP, 2010.

Walter, Edith. "Natural versus synthetic." *Detail* 46, 2006: 1074-1075.

Weinand, Yves. "Inovative timber constructions." *IASS symposium*. Valencia, Espanha, 2009. 666-673.

Sítios da internet

Aglomerado de Cortiça Expandida - Isocor. s.d. <http://isocor.pai.pt/ms/ms/isocor-aglomerados-de-cortica-ace-produtos-1050-012-lisboa/ms-90047830-p-3/> (acedido em 27 de Maio de 2013).

Bouillon, César. "Latin America and the Caribbean face large and growing housing deficit, IDB study says." *Inter-American Development Bank*. 14 de Maio de 2012. <http://www.iadb.org/en/news/news-releases/2012-05-14/housing-deficit-in-latin-america-and-caribbean,9978.html#.UkF2qYasiSo> (acedido em 15 de Maio de 2013).

industria, sonae. *OSB*. s.d. <http://www.sonaeindustria.com/page.php?ctx=2,0,125> (acedido em 27 de Maio de 2013).

Portal da madeira. s.d. <http://portaldamadeira.blogspot.pt/> (acedido em 20 de Junho de 2013).

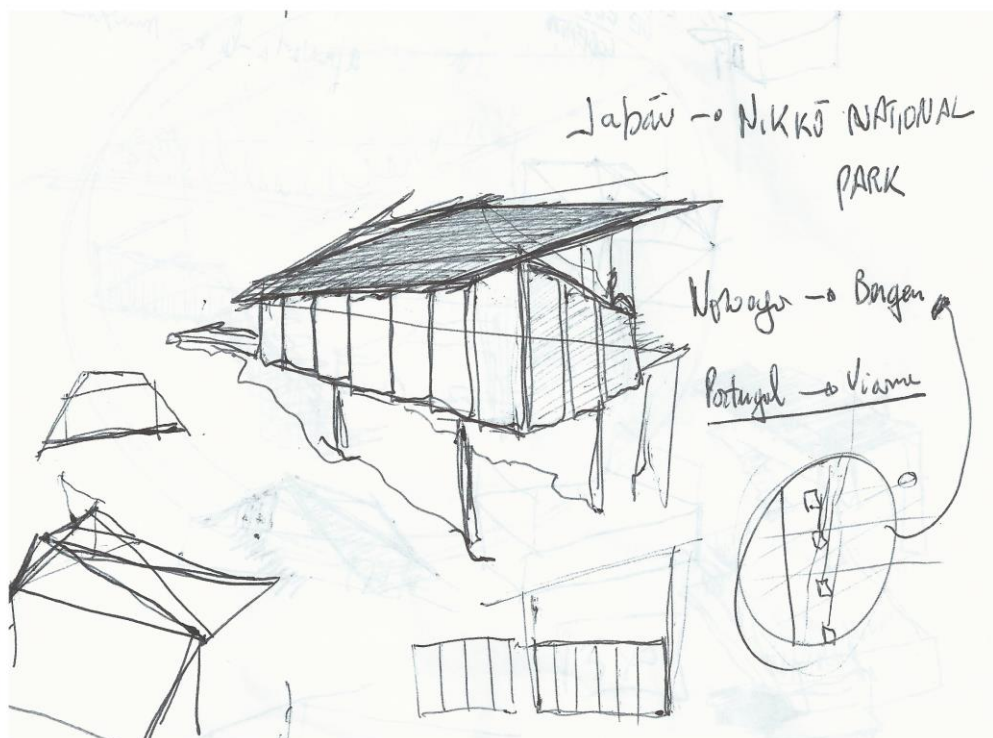
redação. "Cerca de 60% das habitações em Moçambique são precárias." *O País online*. 31 de Maio de 2013. <http://www.opais.co.mz/index.php/economia/38-economia/25619-cerca-de-60-das-habitacoes-em-mocambique-sao-precarias.html> (acedido em 05 de Agosto de 2013).

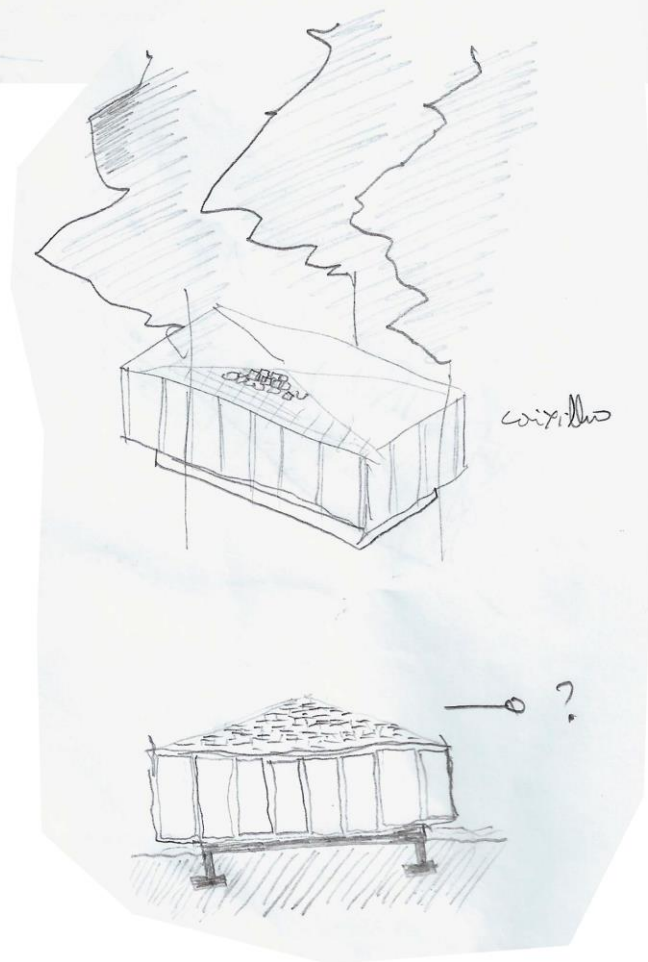
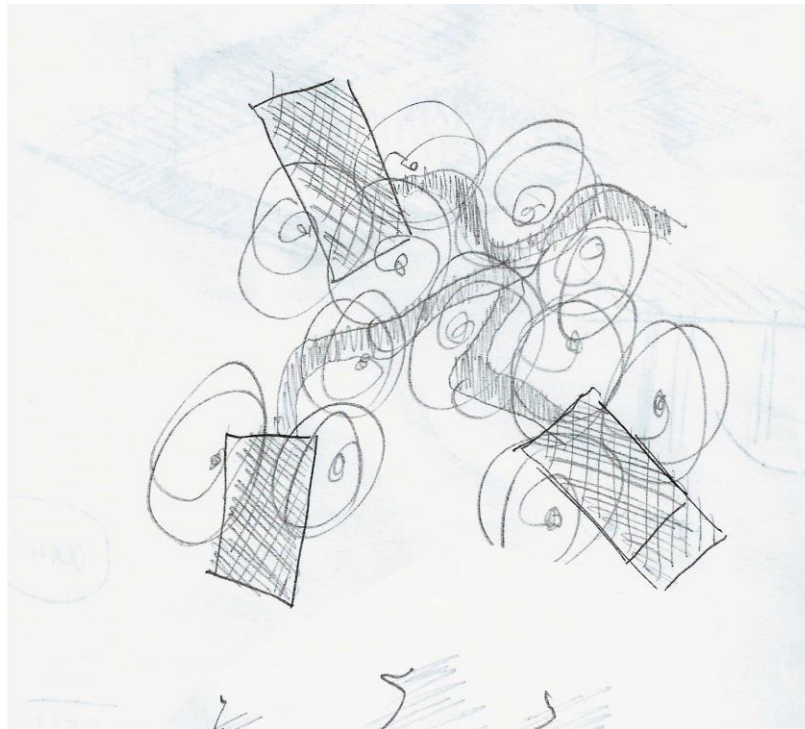
Salatie, José Renato. "Déficit habitacional: Brasil precisa de quase 8 milhões de moradias." *UOL*. 14 de Setembro de 2012. <http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/deficit-habitacional-brasil-precisa-de-quase-8-milhoes-de-moradias.htm> (acedido em 20 de Maio de 2013).

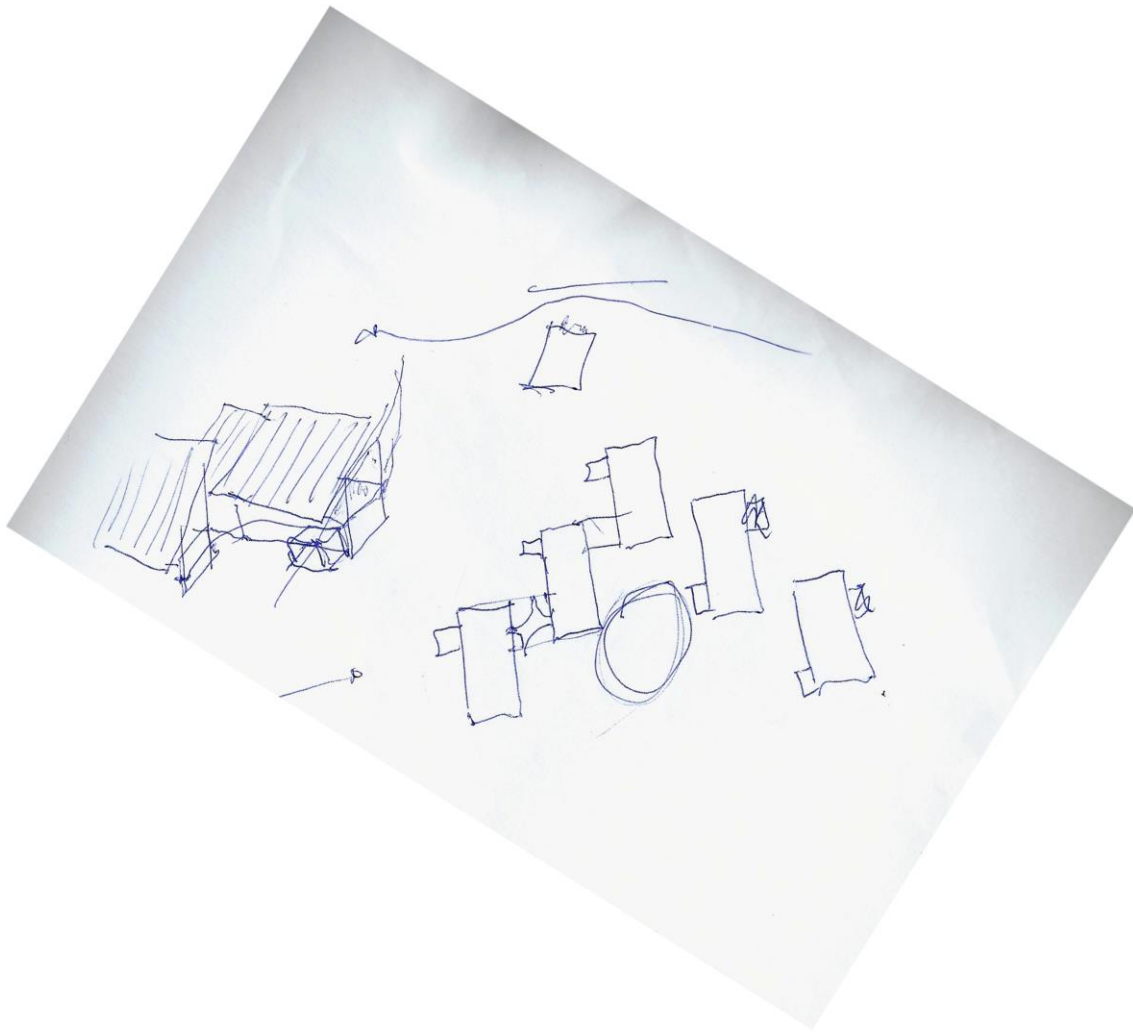
Santana Madeira Biosfera. s.d. <http://santanamadeirabiosfera.com/pt/2012-04-08-23-24-26/cultura-e-patrimonio/recuperacao-de-casas-de-colmo> (acedido em 24 de Maio de 2013).

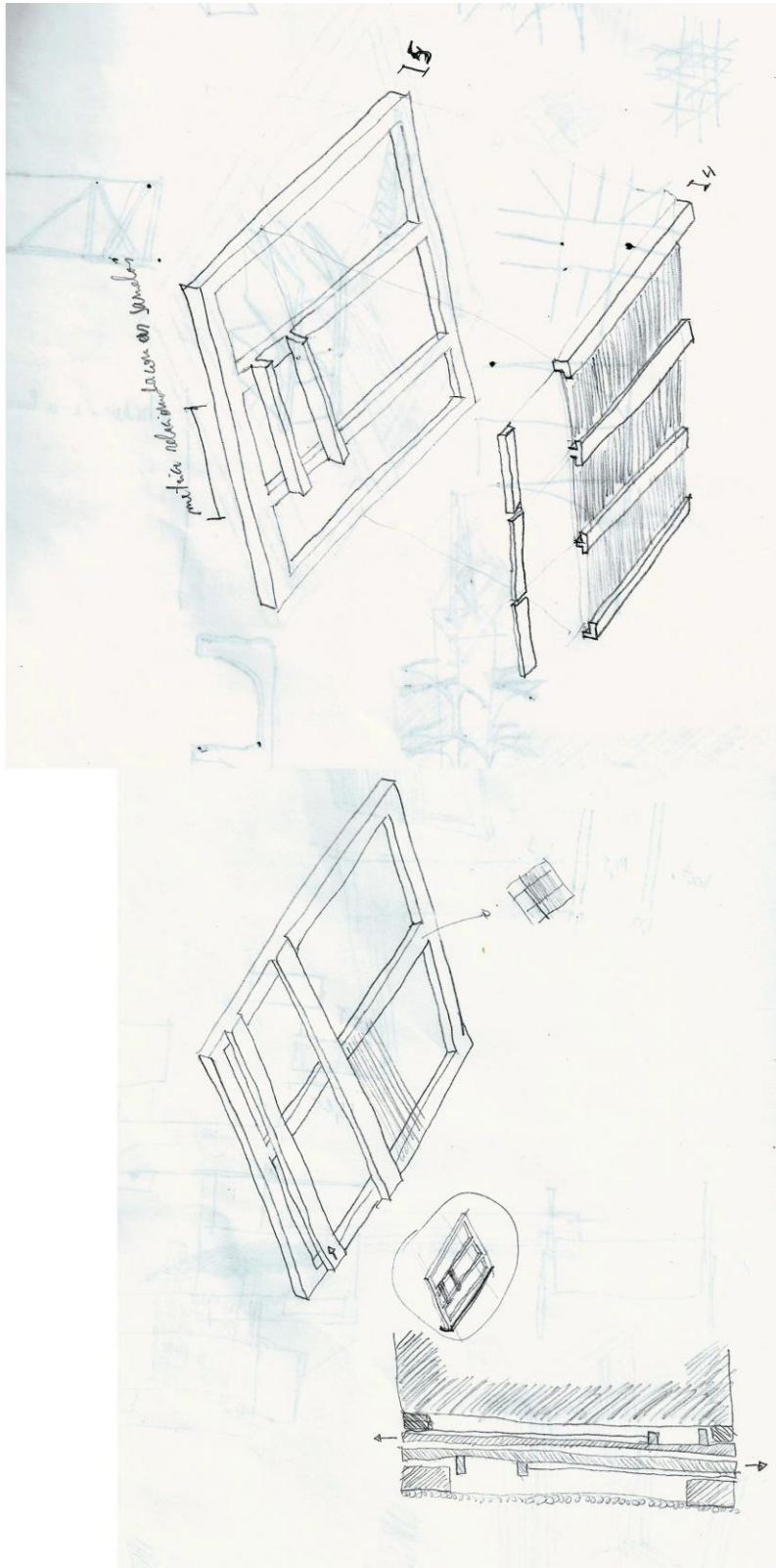
Anexos

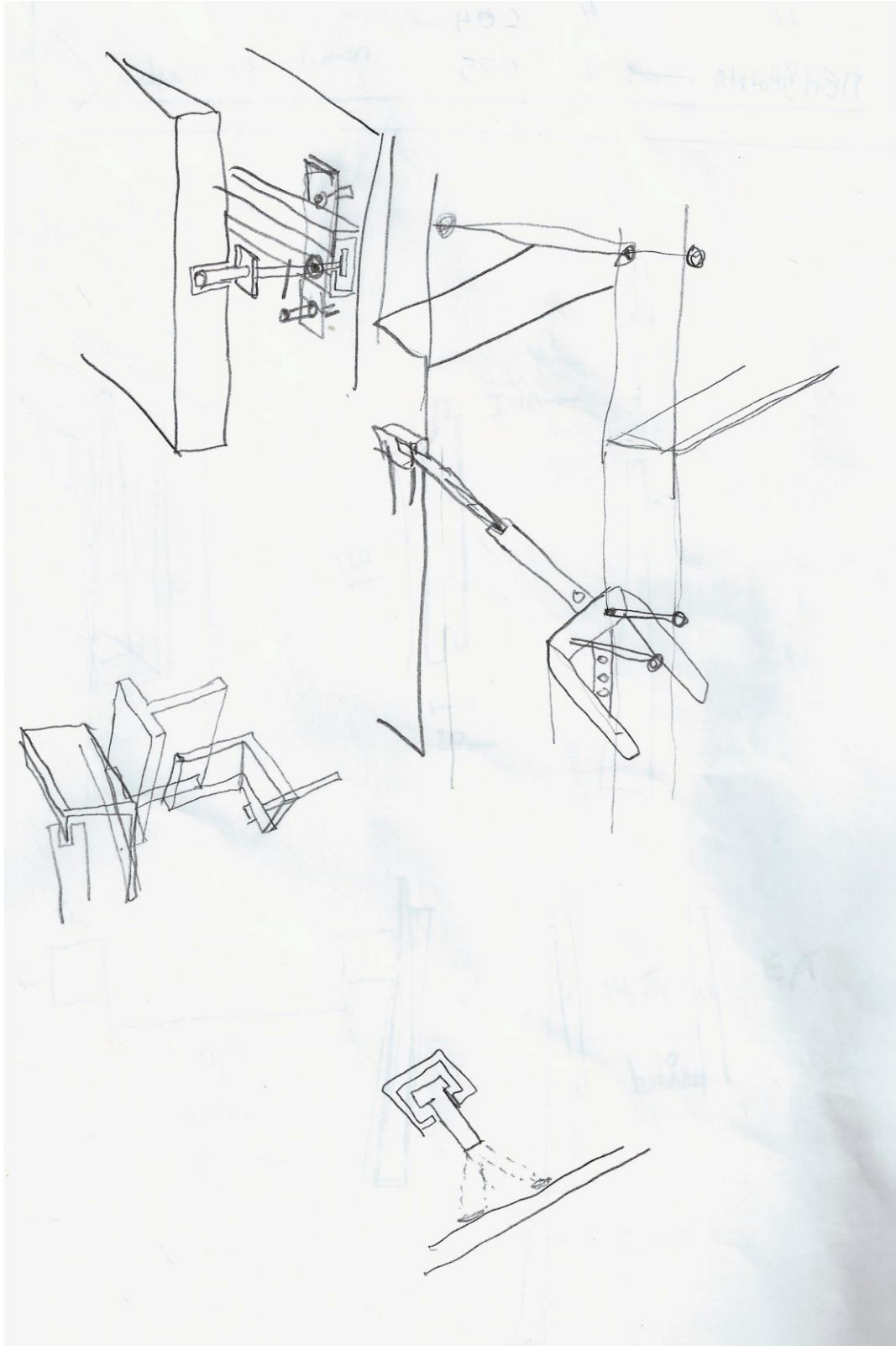
Procura-se demonstrar com esta pequena série de desenhos parte daquilo que foi o processo de trabalho.











RIO DE JANEIRO

